



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## REPLIKA LAFETY HISTORICKÉ ZBRANĚ

REPLICA OF A HISTORICAL MACHINE GUN MOUNT

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Doležal

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Maňas, Ph.D.

BRNO 2021



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování  
Student: **Jakub Doležal**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Pavel Mañas, Ph.D.**  
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Replika lafety historické zbraně

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Lehký kulomet vz. 26 je známá československá zbraň meziválečného období, která byla mimo jiné používána také jako lafetovaná zbraň v pěchotních srubech hraničního opevnění, k lafetě existuje pouze neúplná technická dokumentace. Klub vojenské historie by rád do expozice svého muzea "Pěchotní srub MJ–S4 Zatáčka" umístil tuto zbraň na replice lafety. Pro doplnění fragmentů původní technické dokumentace lafety je třeba vytvořit 3D model a 3D sken zbraně, který ověří nepřesnosti a neúplnost původní dokumentace. Následně bude vytvořena technická dokumentace pro výrobu repliky lafety v podmínkách Klubu vojenské historie

Typ práce: vývojová – konstrukční

**Cíle bakalářské práce:**

Na základě historické dokumentace vytvořte CAD model, ověřte jeho funkčnost s 3D skenovanými daty historické zbraně a připravte dokumentaci pro vhodnou výrobní technologii.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- na základě historických pramenů a neúplné dokumentace vytvořte 3D model lafety,
- vytvořte 3D model důležitých částí historické zbraně ze skenovaných dat,
- zkontrolujte funkčnost lafety s pomocí 3D modelu historické zbraně,
- navrhnete vhodnou výrobní technologii a připravte pro ní dokumentaci.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, fotografická dokumentace, digitální data.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukoncení/>

**Seznam doporučené literatury:**

BELLOCCHIO, F., BORGHESE, A., FERRARI, S., PIURI, V. 3D Surface Reconstruction. New York: Springer-Verlag, 2013, 162 s. ISBN 978-1-4939-0117-3

SVOBODA, P., BRANDEJS, J. Základy konstruování. Vyd.7, Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019, 244 s. ISBN 978-80- 7623-009-5

POPELÍNSKÝ, L. Československé automatické zbraně a jejich tvůrci. Naše vojsko, 2002, 198 s. ISBN: 80-206-0567-3

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá rozbořem a konstrukcí repliky kulometné Královopolské lafety, kterou byly vyzbrojovány vybrané objekty Československého pohraničního opevnění před druhou světovou válkou. Práce je věnována analýze původních dokumentů k lafetě, vytvoření jejího CAD modelu, 3D skenování a následné úpravě naskenované polygonální sítě těžkého kulometu vz. 24, který byl vybrán jako příklad z kulometů lafetovaných do Královopolské lafety. Další část se zabývá virtuální kontrolou kompatibility modelu lafety s modelem kulometu a vytvoření modelu lafety pro výrobu dle zvolené technologie s co nejnižšími výrobními náklady. Součástí této bakalářské práce je také kompletní výkresová dokumentace k výrobě repliky.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Lafeta, replika, reverzní inženýrství, kulomet, konstrukce, 3D sken

## ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the analysis and construction of the Královopolská gun mount replica, which were equipped in selected objects of Czechoslovak border fortifications before the World War II. This work is devoted to the analysis of the original documents for the gun mount, CAD model creation, 3D scanning and modification of scanned polygonal mesh of the heavy machine gun vz.24, which was selected as an example of machine guns mounted in the Královopolská gun mount. This is followed by a virtual compatibility check of the gun mount model with the machine gun model. The production model creation is introduced in next part, using technology with the lowest possible production costs. Complete drawing documentation for the replica production is also part of this bachelor thesis.

## KEYWORDS

Gun mount, replica, reverse engineering, machine gun, construction, 3D scan



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DOLEŽAL, Jakub. *Replika lafety historické zbraně* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-19]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132868>. Bakalářská práce. 50 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Maňas Ph.D.





## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. Ing. Pavlu Maňasovi Ph.D. za cenné rady a ochotu při tvorbě této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Klubu vojenské historie ROTO Chvalovice, a především jeho členům Stanislavu Salajkovi a Ing. Bc. Rostislavu Adamovi za propůjčení repliky kulometu a věcné připomínky při práci. Tato práce by se neobešla bez Ing. Tomáše Kouteckého Ph.D., který ochotně provedl skenování kulometu ve školní laboratoři a tímto mu za to děkuji. Velké poděkování patří také rodičům, přítelkyni a blízkým za podporu během celého studia.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením doc. Ing. Pavla Maňase Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Jakub Doležal



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>14</b>
2.1	Klub vojenské historie ROTO Chvalovice	15
2.1.1	Činnost klubu	15
2.1.2	Důvody ke stavbě repliky lafety	16
2.1.3	Způsob vytvoření repliky	16
2.2	Reverzní inženýrství	17
2.3	Lafetace kulometu	18
2.4	Konstrukce Královopolské lafety	18
2.5	Kulomety lafetované v Královopolské lafetě	20
2.5.1	Lehký kulomet vz. 26	21
2.5.2	Těžký kulomet vz. 24	22
2.5.3	Těžký kulomet vz. 37	22
<b>3</b>	<b>CÍLE PRÁCE</b>	<b>24</b>
3.1	Dílčí cíle	24
3.1.1	Vytvoření 3D modelu lafety z neúplné dokumentace	24
3.1.2	Konstrukce 3D modelu historické zbraně ze skenovaných dat	24
3.1.3	Kontrola funkčnosti lafety s pomocí 3D modelu zbraně	24
3.1.4	Vhodná výrobní technologie a technická dokumentace k výrobě	25
<b>4</b>	<b>VLASTNÍ ŘEŠENÍ</b>	<b>26</b>
4.1	Vytvoření 3D modelu lafety z neúplné dokumentace	26
4.1.1	Nosný stůl lafety	27
4.1.2	Spodní lafeta	28
4.1.3	Vrchní lafeta	28
4.1.4	Udílení a zajištění odměru	29
4.1.5	Kolébka	30
4.1.6	Udílení a zajištění náměru	30
4.1.7	Pomocný zaměřovač	31
4.1.8	Vyvážení lafety:	32
4.2	Vytvoření modelu těžkého kulometu vz. 24	33
4.2.1	Skenování	33
4.2.2	Úprava skenovaných dat po CAD model	34
4.3	Vhodná výrobní technologie	35
4.3.1	Zkušenosti se zvolenou technologií	35

<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY</b>	<b>36</b>
5.1	3D model lafety	36
5.2	Model těžkého kulometu vz. 24	38
5.2.1	Upínání kulometu do lafety	39
5.3	Kontrola funkčnosti upínacích míst lafety	39
5.4	Vhodná výrobní technologie a výkresová dokumentace	40
5.4.1	Příklady nahrazení některých dílů lafety	41
5.5	Výrobní výkresová dokumentace	42
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>48</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>50</b>

# 1 ÚVOD

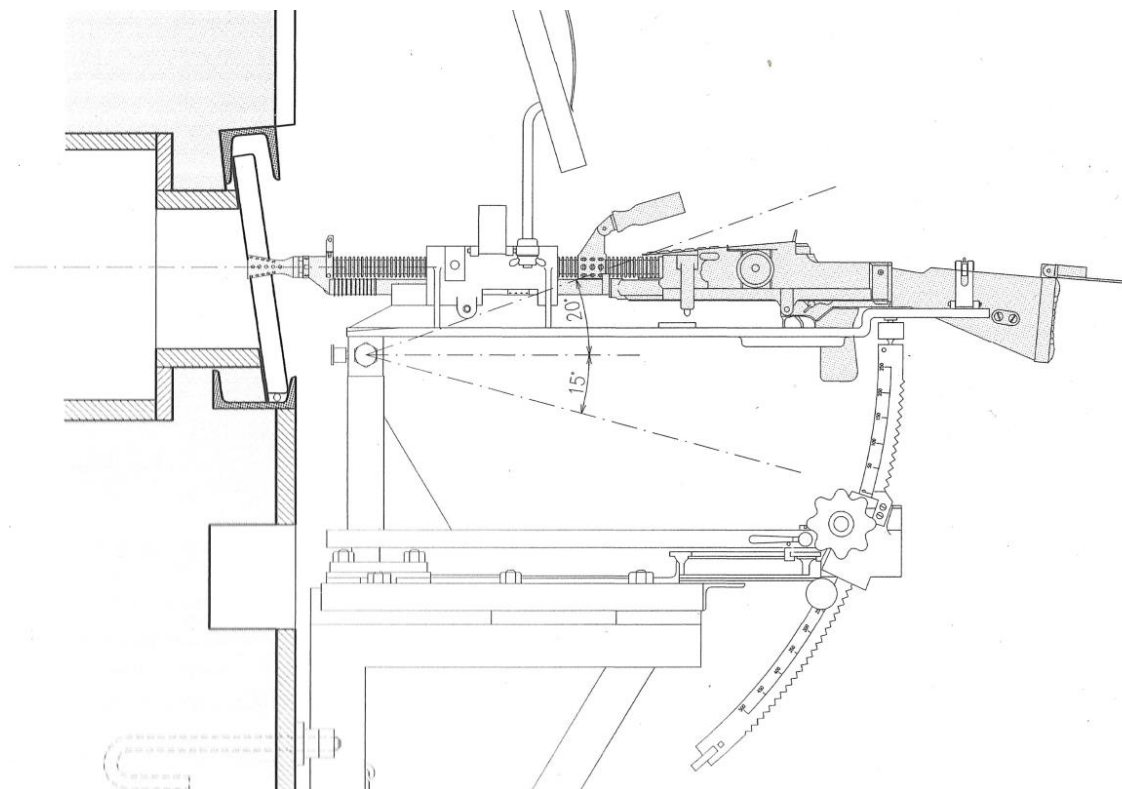
V období první republiky a před 2. světovou válkou nastávala potřeba zajištění státních hranic kvůli politické situaci Československa a okolních států. Zvolenou možností bylo vystavění systému pohraničního opevnění. Nejrozšířenějším objektem bylo lehké opevnění vzor 36, později v průběhu výstavby nahrazeno modernějším lehkým opevněním vzor 37. Tyto objekty byly vyzbrojeny pouze kulomety. U staršího typu vz. 36 byly zpočátku kulomety pouze postaveny na jednoduché dřevěné stolky pod střelnami. To se při zkouškách ukázalo jako nevhodné řešení, proto byl brněnské Královopolské strojírně zadán požadavek na sestrojení kulometné lafety pro tento typ objektu.

Protože se do dnešních dní nedochovala žádná z původních lafet, je tato bakalářská práce zaměřena na analýzu konstrukce a následnou přípravu podkladů pro výrobu repliky Královopolské lafety. Ve spolupráci s Klubem vojenské historie ROTO Chvalovice jsem mohl nahlédnout do původních dokumentů k lafetě, které byly nalezeny ve Vojenském historickém archivu v Praze. Tyto dokumenty mi sloužily k přípravě modelu repliky lafety. Z něj vychází kompletní výkresová dokumentace k výrobě, která poté poslouží k výrobě nejen tomuto klubu vojenské historie, ale i dalším subjektům zabývajícím se pohraničním opevněním, jako je například Technické muzeum v Brně a další.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Mezi světovými válkami zažíval Československý průmysl obrovský rozvoj a v té době se jednalo o jednu z nejvíce průmyslově vyspělých zemí na světě. Také zbrojní průmysl zaznamenal znatelný růst a došlo k vývoji nových zbraní, letadel i obrněné techniky. Politická situace po roce 1934, kdy se v Německu stal říšským kancléřem Adolf Hitler, vyvolala potřebu obranyschopnosti našeho státu, protože se dalo počítat s vojenskou krizí. Zvolenou možností obrany bylo vystavění systému pohraničního opevnění, který by zastavil anebo alespoň zpomalil případný útok nepřátelské armády. Opevnění bylo tvořeno několika typy objektů, lišily se svým určením, velikostí a výzbrojí. Jejich historický popis se nachází v příloze této práce.

Nejmenšími a nejpočetnějšími objekty bylo lehké opevnění – z počátku výstavby lehké opevnění vz. 36 a později modernější lehké opevnění vz. 37. Jejich výzbroj tvořily pouze kulomety, v té době rozšířený lehký kulomet vz. 26, těžký kulomet vz. 24 a těžký kulomet vz. 37. Do lehkého opevnění vz. 36 byly kulomety zpočátku stavěny pouze na dřevěné stolky nacházející se pod střílnami. To se po provedení zkoušek ukázalo jako nevhodné řešení, proto bylo potřeba kulomety lafetovat a tím zlepšit podmínky pro střelbu. Vznikla objednávka „Královopolské lafety“, kterými byly posléze vybrané objekty vyzbrojovány. Lafeta pocházela z brněnské Královopolské strojírny a do dnešních dní se nedochoval žádný z exemplářů, sešrotování unikly pouze některé nosné stoly.



Obr. 2-1 Náčrty podoby Královopolské lafety s lehkým kulometem vz. 26. [1]

## 2.1 Klub vojenské historie ROTO Chvalovice

### 2.1.1 Činnost klubu

Tato práce byla vznikla ve spolupráci s Klubem vojenské historie ROTO Chvalovice, který byl zapsán na Ministerstvu vnitra v roce 2010. Za jeho vznikem stálo několik nadšených lidí zajímajících se o pěchotní srub MJ-S4 „Zatáčka“, nacházející se u Chvalovic v okrese Znojmo. Postupem času se jim podařilo poničený a opuštěný objekt znovu uvést do původního stavu. Pro veřejnost zde několikrát ročně pořádají „Dny otevřených dveří“, kde lze nahlédnout do vnitřních prostor vybaveného pěchotního srubu nebo vidět dobové vybavení a výzbroj tehdejší československé armády. Součástí expozice je také Minimuzeum obrany hranic v Dyjákovičkách, které se nachází nedaleko pěchotního srubu. Dalším plánovaným rozšířením expozice je objekt lehkého opevnění vz. 36, který je nejprve nutno zrenovovat.



Obr. 2-2 Vnitřní vybavení pěchotního srubu MJ-S4 „Zatáčka“. Vlevo pevnostní kanón vz. 44/59 ráže 85 mm, vpravo dvojče těžkých kulometů vz. 37 umístěných v lafetě M. [2]

### 2.1.2 Důvody ke stavbě repliky lafety

Kompletní renovace objektu vz. 36 do původního stavu zahrnuje také konstrukci Královopolské lafety používanou pro uchycení zbraní. Mezi odborníky panoval názor, že se k lafetě nedochovaly téměř žádné informace o její konstrukci, pouze ve Vojenském historickém archivu v Praze byla nalezena původní dokumentace k této lafetě obsahující výkresovou dokumentaci a přejímací zprávy. Lafeta je popsána v několika knižních publikacích na toto téma, ale samotnou konstrukci lafety však dosud nikdo nesestrojil. Podle této původní dokumentace by klub rád sestavil repliku Královopolské lafety, která posléze bude umístěna do jejich expozice. Z dosavadního projeveného zájmu o lafetu se dá usoudit, že může být postupem času vyrobena ve více kusech a poté vystavena i v expozicích jiných subjektů zabývajících se historií pohraničního opevnění, jako je například Technické muzeum v Brně, které má zájem o výsledky této bakalářské práce.

Sestavená replika může odhalit některé nejasnosti ohledně vybavení lehkého opevnění vz. 36 těmito lafetami, které panují do dnešních dní a dosud se nepodařilo je odhalit. Tyto informace se poté mohou dostat také k veřejnost zajímavější se o toto téma díky umístění replik lafet do expozic muzeí.

### 2.1.3 Způsob vytvoření repliky

Pro možnou stavbu replik některých komponent objektů opevnění již dříve klub využil možností studentů, kteří brigádně připravili podklady pro jejich výrobu v domácích podmínkách klubu. Jelikož sám jsem fanoušek historie, tato možnost zajímavé brigády se mi líbila. Na schůzce s předsedou klubu Stanislavem Salajkou mi byly předány potřebné informace k plánované stavbě repliky lafety. Následně mi byla poskytnuta fotokopie dokumentace z Vojenského historického archivu v Praze.

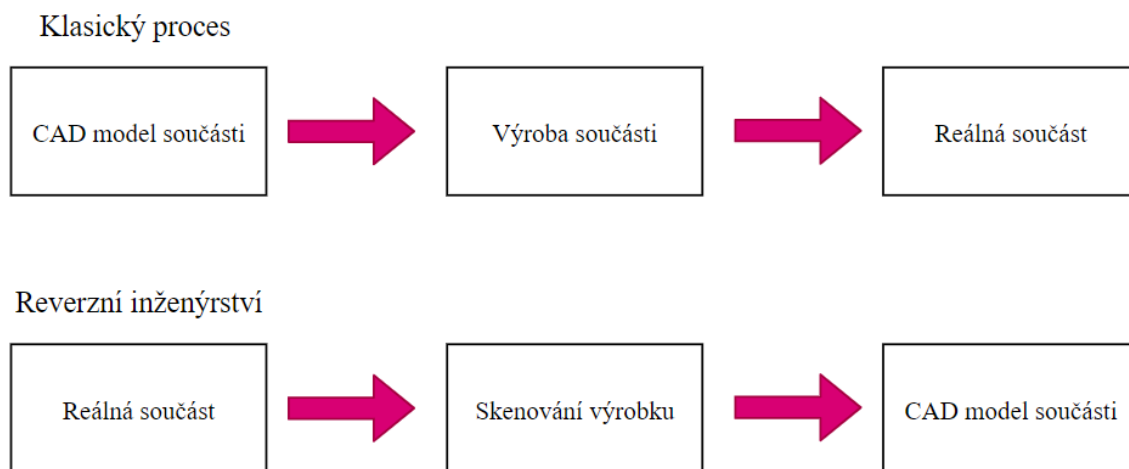
Podle těchto podkladů jsem byl schopen pomocí metod reverzního inženýrství vytvořit 3D model lafety, který ověřil nepřesnost a chyby výrobní dokumentace, následně byl naskenován kulomet a vytvořen jeho CAD model. Ten posloužil k ověření kolizí v modelu při jeho virtuálním vložení do lafety. Z modelu původní lafety byl poté vytvořen model výrobní, který odpovídá požadavkům klubu a z něj vychází výkresová dokumentace pro výrobu repliky.



## 2.2 Reverzní inženýrství

Pojem reverzní inženýrství (dále RE) je obecně definován jako proces opačný proti běžnému inženýrskému procesu. V oblasti strojírenství je RE spojováno s technologiemi trojrozměrné digitalizace a označováno jako proces, jehož cílem je odvodit z měřeného fyzického objektu digitální model použitelný v běžných CAD systémech. Jedná se tedy o převod skenovaných polygonálních dat na data objemová nebo na plochy. Metody RE však neslouží pouze k získání digitální kopie již existujícího dílu, v současnosti jsou stále více využívány k zdokonalení vývoje výrobku a jeho výroby. [3]

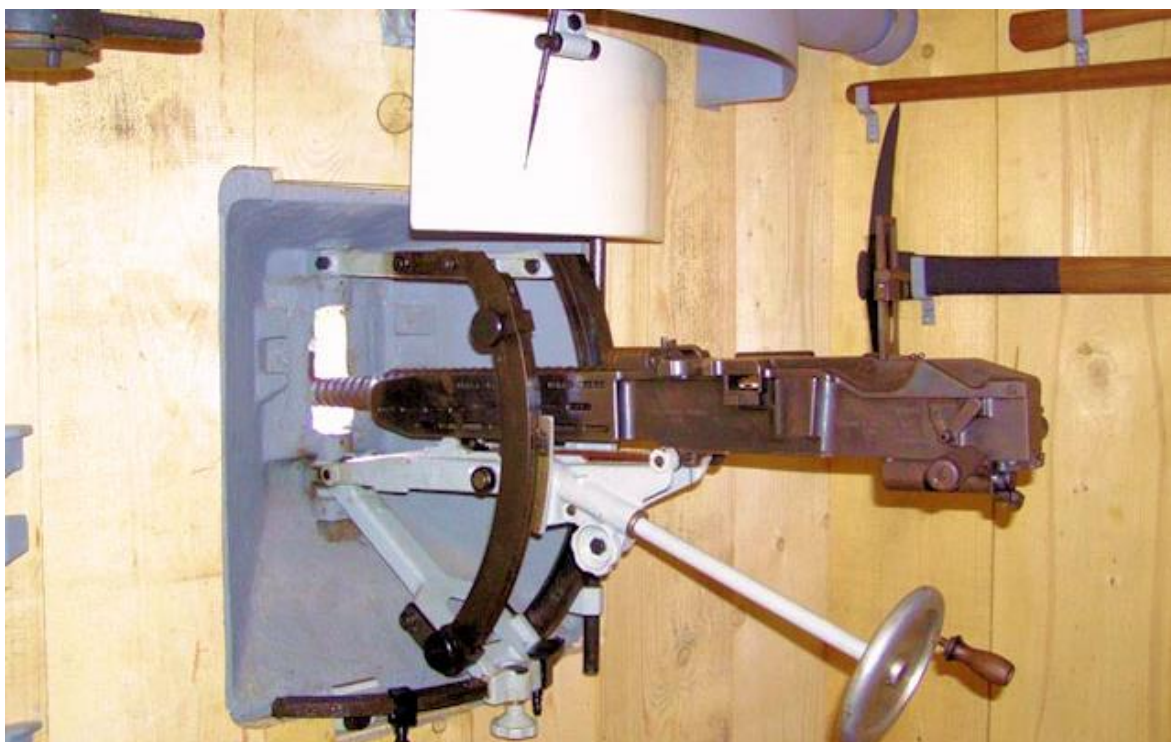
Tímto způsobem je zpracována konstrukce této repliky lafety. Vychází z existujících výrobních výkresů a podkladů k lafetě, které jsou analyzovány a převedeny do digitální podoby přímým vytvářením modelu podle rozměrů ve výkresech. Další použitou metodou reverzního inženýrství je 3D skenování kulometu, jehož naskenovaná polygonální síť je následně rekonstruována do CAD modelu. Ten slouží k virtuálnímu upnutí do lafety pro ověření kolizí obou modelů, které odhalí nepřesnosti upínacích míst lafety. Při vynechání tohoto kroku by byly tyto kolizní místa odhaleny až při výrobě prvního kusu. Takto zdokonalený funkční model je podkladem pro technickou dokumentaci k výrobě, která již nevykazuje nepřesnosti a kolize jednotlivých částí lafety. Porovnání reverzního inženýrství s klasickým procesem představuje následující schéma.



Obr. 2-3 Schéma porovnání reverzního inženýrství s klasickým procesem. Schéma vytvořeno podle [4]

## 2.3 Lafetace kulometu

Samotný pojem lafetace kulometu označuje jeho upevnění (upnutí) do konstrukce (lafety), která umožňuje střelci jednoduší ovládání zbraně při střelbě a tím dosažení přesnější, účinnější a méně namáhavé střelby. Možnosti lafetace kulometů mohou být různé, například na polních podstavcích, v obrněné technice a v minulosti právě v objektech pohraničního opevnění.

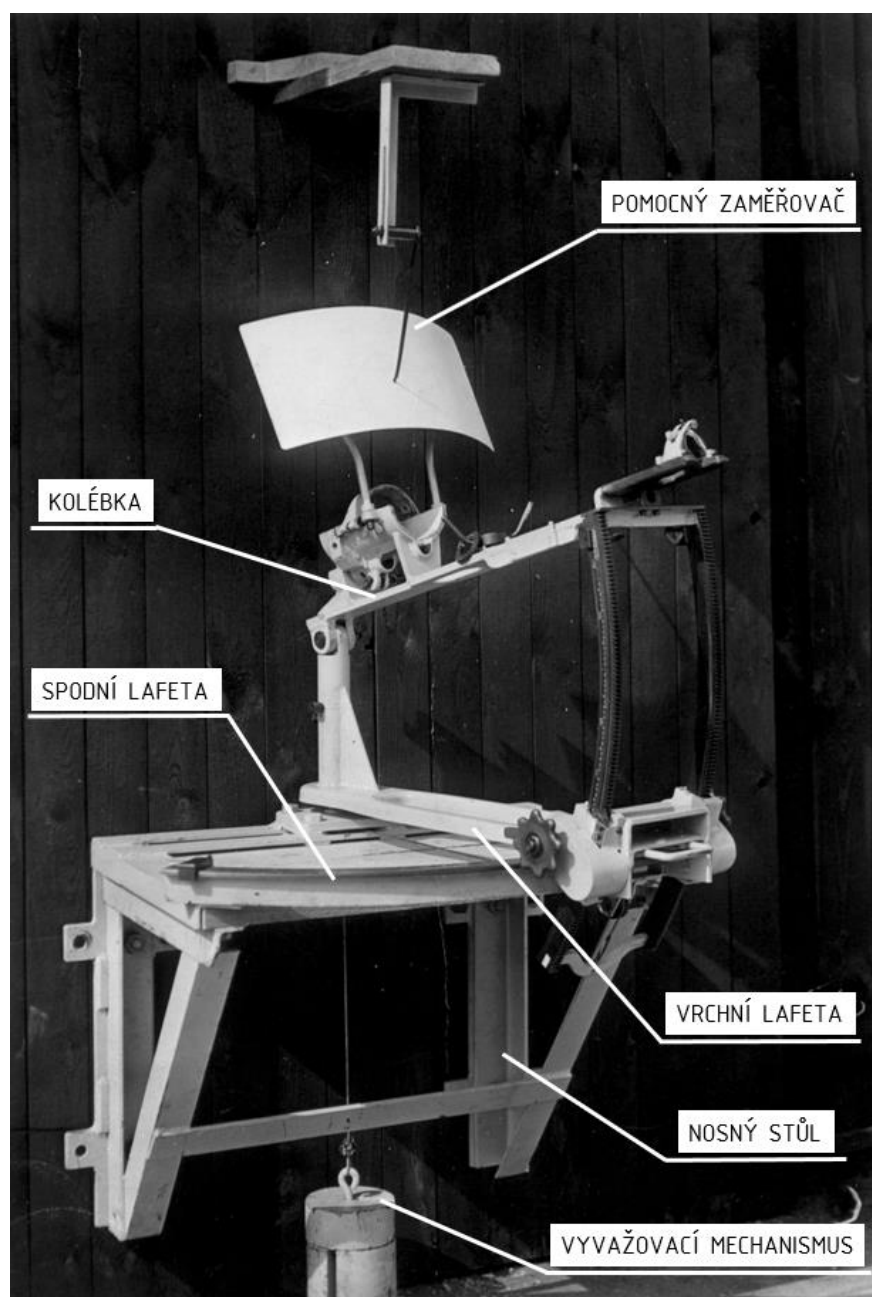


Obr. 2-4 Kulometná lafeta vz. 37 v objektu lehkého opevnění vz. 37 s těžkým kulometem vz. 37. [5]

## 2.4 Konstrukce Královopolské lafety

Konstrukce královopolské lafety se skládá z šesti hlavních sestav: nosný stůl, ke stolu uchycené spodní lafety, vrchní lafety, na které se nachází náměrová řididla, kolébky, do které se upínají kulomety, vyvažovacího mechanismu s protizávažím a pomocného zaměřovače (mapy).

Ve stěně opevnění se nachází zabetonované čtyři kotevní šrouby pro uchycení stolu. Jeho výšku je možno dodatečně upravit v rozmezí 105 mm, což zajišťuje správnou pozici všech používaných zbraní v otvoru střílny – výška hlavní při upnutí do lafety je různá. Na konstrukci stolu se nachází deska složená z několika prken z tvrdého dřeva. Přes ni je ke stolu přišroubována spodní lafeta.



Obr. 2-5 Jediné dochované foto královopolské lafety s popisem hlavních sestav. [6]

Spodní lafeta se skládá z odměrové kluzavky a konstrukce uchycení čepu pivotu, který zajišťuje otáčení lafety podle svislé osy. Pod tímto čepem se nachází otvor v dřevěné desce, kde je umístěna přední kladka vyvažovacího mechanismu. Odměrová kluzavka je opatřena stupnicí pro přesné nastavení polohy lafety.

Na čep je nasazena vrchní lafeta, která se současně s otáčením okolo čepu pohybuje po odměrové kluzavce spodní lafety pomocí dvou kluzátek, z nichž jedno je opatřeno zajišťováním. Odměr je možno udílet volně rukou a v jakékoliv poloze ho lze zajistit pomocí zajišťovacího kluzátka. Jeho rozsah je  $35^\circ$  na pravou i levou stranu, celkový odměr tedy činí  $70^\circ$  a jeho rozmezí lze nastavit pomocí posuvných zarážek. Součástí vrchní lafety jsou náměrová řididla a také ukazatel odměru, jehož hodnota je znázorněna na stupnici odměrové kluzavky. Pod náměrovými řididly je umístěna kladka mechanismu vyvažování lafety.

Ovládání náměru je možno provádět ovládacími kolečky náměrových řididel, která pomocí jednoduchého převodu pohybují s náměrovými zubatkami. Tento převod je navržen tak, aby bylo možné náměr ovládat i volně rukou a ozubený převod nebránil v tomto pohybu. Rozsah náměrové stupnice je 15° pro elevaci a 20° pro depresi, tedy celkem 35°. Náměr lze v kterékoliv poloze zajistit utažením zajišťovací páky a jeho rozmezí lze stejně jako odměr omezit posuvnými zarážkami.

Kolébka lafety je uložena kyvně k vrchní lafetě a skládá se z jejího trupu, žlabu kolébky, do kterého se upínají kulomety a náměrových zubatek. V trupu kolébky se nachází lůžko obrtlíku, do kterého bylo možné vložit obrtlík (kuželový čep) kulometu.

Pro snadnou obsluhu lafety je zde využito kladkového mechanismu s protizávažím. Lano je na jednom konci uchyceno k náměrovým zubatkám a přes dvě kladky je vedeno pod stůl lafety, kde je na druhém konci umístěno dvojdílné závaží. Z důvodu různé váhy kulometů bylo možné část závaží demontovat pro optimální vyvážení lafety.

Ke žlabu kolébky je uchycena mapa pohledu ze střelny, která se pohybuje společně s kolébkou. Nad ní je ke stropu objektu připevněn ukazatel, který na mapě znázorňuje postřelované místo. To umožňuje střelci mířit na požadovaná místa i za snížené viditelnosti jako je například mlha nebo šero.

Těžký kulomet vz. 24 je do lafety upnut pomocí obrtlíku vloženého do jeho lůžka a zespodu přitáhnutého upínačem obrtlíků. Válcovou hlavní je vložen do žlabu kolébky a shora utažen řemínkem.

Z lehkého kulometu vz. 26 je nutno demontovat dvojnožku, otvorem pro dvojnožku se umístil do žlabu kolébky tak, že bylo možné prostrčit tímto otvorem čep pro upínání kulometu vz. 26. V zadní části je kulomet přitáhnou pažbou k lafetě pomocí řemínku.

Plánovaná lafetace těžkého kulometu vz. 37 byla pomocí nástavce do lůžka obrtlíku. Do tohoto nástavce se upnul kulomet pomocí jeho zadního upínacího oka a do žlabu kolébky byl uchycen podobně jako kulomet vz. 26. Tento způsob upnutí se neosvědčil, proto byly tyto plány zrušeny.

Do konce září 1938 se dostalo k bojovým útvarům 240 z celkově 500 kusů objednaných lafet. Po druhé světové válce byly všechny lafety pro nepotřebnost sešrotovány.

## 2.5 Kulomety lafetované v Královopolské lafetě

Lehké opevnění bylo vyzbrojeno tehdy rozšířenými kulomety výhradně pro obranu proti nepřátelské pěchotě. Tyto kulomety byly ve vybraných objektech lehkého opevnění vz. 36 lafetovány do Královopolských lafet (v případě těžkého kulometu vz. 37 se jednalo pouze o plánovanou lafetaci). Jeden z následujících kulometů měl být vybrán jako součást práce pro ověření správnosti upínacích prvků lafety.

### 2.5.1 Lehký kulomet vz. 26

Vývoj automatické, vzduchem chlazené zbraně určené jako výzbroj pěšího družstva započal v pražské firmě Praga Václav Holek na počátku 20. let 20. století. Ještě pod firemním označením Praga vz. 24 byla v březnu 1925 prodána licence do brněnské Čsl. zbrojovky. Zde došlo k dalším výrazným úpravám a následovalo zavedení do výzbroje československé armády jako lehký kulomet vz. 26. Zbraň fungovala na principu odběru prachových plynů od ústí hlavně a používala náboje 7,92 mm Mauser. K zásobování sloužil rovný schránkový zásobník na 20 nábojů, nasazovaný shora. Teoretická kadence byla 500, praktická 200 ran za minutu. Dostřel činil až 3200 metrů. Zbraň o délce 1165 mm vážila bez zásobníku 8,84 kg. Československá armáda měla k dispozici v září 1938 přes 34 tisíc těchto zbraní. [7]

Kulomet byl určen nejen pro Československou armádu, ale také na export například do Jugoslávie, Ekvádoru nebo Brazílie. Také z něj vycházela konstrukce známého Britského kulometu Bren.

Jeho vzduchem chlazená černěná hlaveň je tvarově komplikovaná a pro optické 3D skenování nevhodná z důvodu její složitosti a černého zbarvení, které značně snižuje odrazivost paprsku. Pro zvýšení odrazivosti by bylo nutné aplikovat zvýrazňující prostředek, který by zajistil vyšší odrazivost světla, ale následné čištění kulometu od tohoto přípravku by bylo náročné.



Obr. 2-6 Lehký kulomet vz. 26. [8]

## 2.5.2 Těžký kulomet vz. 24

Těžký kulomet vz. 7/24 resp. vz. 24 soustavy Schwarzlose byl i přes svou zastaralost v roce 1938 nejpoužívanějším kulometem v lehkém opevnění. Jedná se o vodou chlazený těžký kulomet rakouského vzoru adaptovaný po 1. světové válce Janečkovou zbrojovkou z ráže 8 mm Manlicher na ráži 7,92 mm Mauser (vz. 7/24) či tamtéž vyráběný již pro 7,92 mm s označením kulomet vz. 24. Zbraň používá ještě tkané pásy, které se často trhaly kvůli nedokonalému uzamykání závěru. Stejně tak častou poruchou bylo přetržení nábojnice. Díky těmto a dalším nevýhodám (velká hmotnost, nadměrný vznik plynů způsobený samočinným mazáním nábojů apod.) docházelo k přezbrojování na modernější těžké kulomety vz. 37. [9]

Kulomet vz. 24 je opatřen olivovým nátěrem vhodnějším pro 3D skenování. Jeho válcová vodou chlazená hlaveň je tvarově jednodušší než u ostatních dvou kulometů. Pokud by bylo nutné aplikovat zvýrazňující prostředek při skenování, jeho odstranění by z jednodušších tvarů kulometu bylo podstatně méně namáhavé. Pro tyto výhody byl vybrán tento kulomet ke skenování.



Obr. 2-7 Těžký kulomet vz. 24 s polním podstavcem. [9]

## 2.5.3 Těžký kulomet vz. 37

Jedná se o vzduchem chlazenou zbraň, kterou na počátku 30.let vyvinula a vyráběla Zbrojovka Brno. Později probíhala výroba i ve Vsetíně. Vyráběl se od roku 1937 do počátku 50.let. Kulomet má ráži 7,92 mm a používalo se v něm tehdy běžného puškového střeliva 7,92 mm Mauser. Zbraň byla vyvážena i do zahraničí, takže je možno se s ní setkat hlavně v Rumunsku dále v Jugoslávii ale i dalších zemích jižní a střední Ameriky a v Asii. Hlaveň byla zkonstruována tak, aby vydržela nepřetržitou 5-ti minutovou střelbu, tj. zhruba 2.500 ran. [10]



Pro tento kulomet bylo také plánováno upínání do Královopolské lafety (zřejmé z výkresové dokumentace). K tomu pravděpodobně nakonec nedošlo kvůli problémům se systémem uchycení, proto byly tyto plány zrušeny.

Jeho nevhodnost pro skenování je podobná jako u kulometu vz. 26 z důvodu složitosti jeho tvaru a nevhodné povrchové úpravy černěním.



Obr. 2-8 Těžký kulomet vz. 37 bez podstavce. [10]

## 3 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je připravení modelů a výrobní dokumentace k postavení funkční repliky Královopolské lafety. Kromě zmíněných stolů se do dnešních dní se nedochoval ani jeden exemplář, informace okolo ní a její konstrukce jsou zastřeny nejasnostmi, proto je motivací přinést možnost znovu zkonstruovat tuto lafetu jako repliku.

### 3.1 Dílčí cíle

V této podkapitole je popsán postup přípravy pro výrobu repliky lafety. Jednotlivé kroky jsou později detailněji rozepsány v dalších kapitolách.

#### 3.1.1 Vytvoření 3D modelu lafety z neúplné dokumentace

Prvním z dílčích cílů práce je vytvořit 3D model lafety z dochované dokumentace k lafetě. Tento model odhalí veškeré nepřesnosti a nekompletnost výkresové dokumentace. Součástí vytvoření modelu je analýza technické dokumentace a úprava konstrukce lafety při nalezení chyb a kolizí modelu. Tyto součásti jsou upraveny tak, aby se co nejvíce lafeta podobala původním výkresům, ale byla zajištěna její funkce. Tento model je vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2019 se školní licencií.

#### 3.1.2 Konstrukce 3D modelu historické zbraně ze skenovaných dat

Z výkresové dokumentace nelze ověřit správnost a přesnost upínacích prvků lafety, proto je dalším krokem konstrukce modelu kulometu, který následně virtuálně ověří nepřesnost upínacích prvků lafety. Tomu předchází vlastní skenování kulometu, jehož výstupem je polygonální prostorová síť, která slouží jako podklad pro vytvoření CAD modelu. Těžký kulomet vz. 24 je z použitých zbraní pro skenování nejvhodnější z hlediska jeho konstrukce a povrchové úpravy.

#### 3.1.3 Kontrola funkčnosti lafety s pomocí 3D modelu zbraně

Model lafety umožňuje provést kontrolu kolizí při jeho pohybu v daném rozsahu odměru a náměru a tím odhalit a následně opravit kolizní místa. Také virtuální upnutí modelu kulometu do modelu lafety a následná kontrola kolizí odhalí nepřesnosti upínacích prvků lafety a umožní tyto prvky přepracovat pro správnou kompatibilitu s kulometem po vyrobení.



### 3.1.4 Vhodná výrobní technologie a technická dokumentace k výrobě

Je žádoucí, aby se replika lafety dala vyrobit v podmínkách klubů zabývajících se historií opevnění. Jedním z požadavků je co nejnižší ekonomická náročnost pro kluby, proto je volena vhodná technologie výroby jednotlivých dílů. Z takto vyrobených součástí je možno sestavit lafetu v „domácích“ podmínkách se základním vybavením dílny. Pro tuto technologii je vytvořen výrobní model lafety.

Z výrobního modelu vychází výkresová dokumentace, která bude sloužit k výrobě repliky. Oproti dochované dokumentaci se jedná o detailní výkresovou dokumentaci jak jednotlivých dílů lafety, tak i celých sestav.



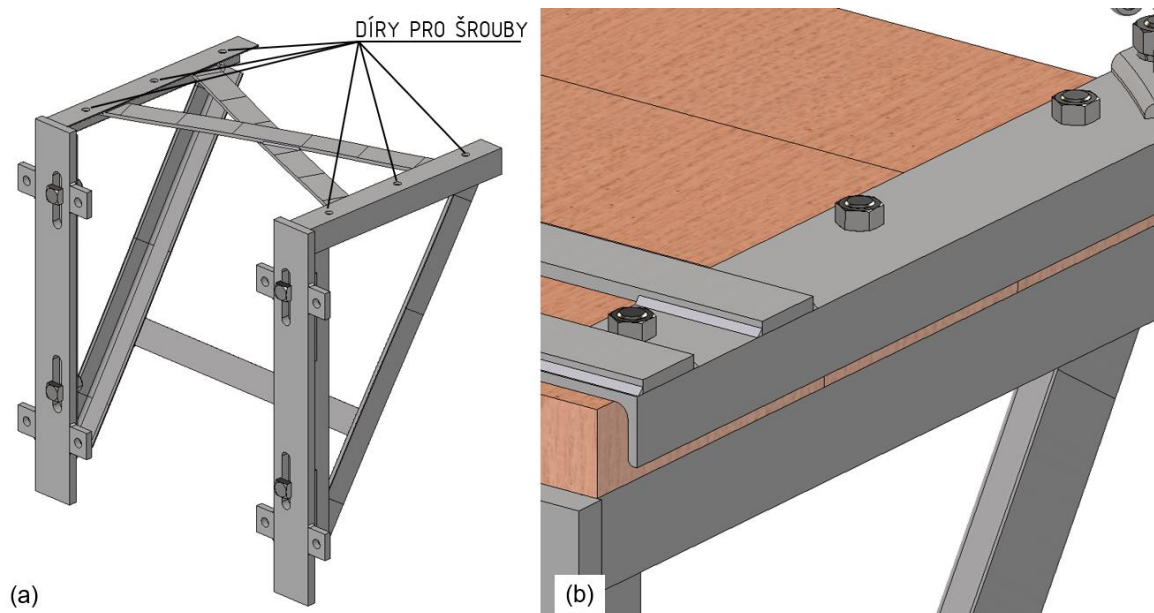
K výkresové dokumentaci byla také nalezena přejímací zpráva k lafetě. Ta se skládá ze dvou hlavních částí: technických podmínek a přejímacích podmínek. První část obsahuje konstruktivní údaje, popis jednotlivých částí a upínání jednotlivých kulometů. V druhé části jsou uvedeny podmínky provedení konstrukce, informace o zkouškách funkce lafet, vyměnitelnosti dílů a náteru lafety.

U popisu jednotlivých částí v následujících podkapitolách je pro přesnou terminologii vycházeno z přejímací zprávy k lafetě. Také jsou uvedeny nepřesnosti výkresové dokumentace, které zabráňovaly správné funkci lafety. Na obrázcích se ale jedná už o opravené části.

#### 4.1.1 Nosný stůl lafety

Nosič pro lafetu je vytvořen z úhelníků a vyztužen několika příčkami. V těle kluznice, která je šrouby připevněna na zdivo srubu, jsou podélné otvory, kterými prochází šrouby. Tyto šrouby přidrží nosič na kluznici a dovolují nosiči určitý pohyb /po uvolnění/ nahoru a dolů, který se řídí právě nasazeným druhem kulometu na lafetu. Na vodorovných úhelnících nosiče je přišroubována spodní lafeta. [6]

Poloha děr ve vodorovných úhelnících pro šrouby spojující stůl se spodní lafetou nekorespondovala s polohou děr spodní lafety. Vodorovná rozpěra na spodní části stolu je umístěna příliš nízko a bránila pohybu závaží ve svislém směru. Také poloha vodítek, na úchytech ke zdi se oproti lafetě na dochované fotografii liší.

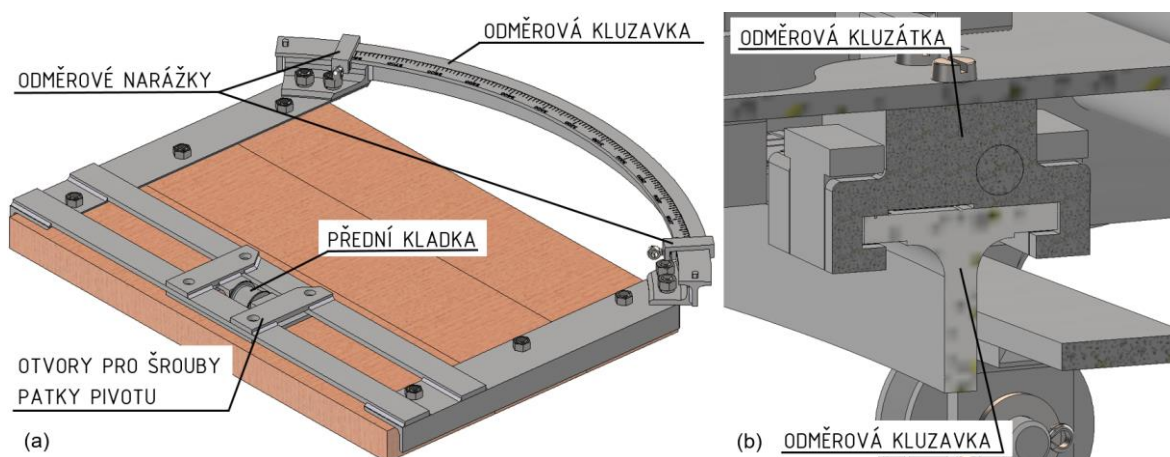


Obr. 4-2 Nosič pro lafetu (stůl); (a) umístění děr pro přišroubování spodní lafety; (b) detail již provedeného šroubového spoje.

### 4.1.2 Spodní lafeta

Spodní lafeta je svařena z úhelníků a pásových želez a je přišroubována k nosiči lafety /:stolu:/. Vpředu je opatřena 4 otvory pro šrouby patky pivotu. Vzadu je k rámu lafety přišroubována odměrová kluzavka. [6]

Výška odměrové kluzavky neodpovídá výšce kluzátek spodní lafety, kluzavka je ve výkresové dokumentaci umístěna příliš vysoko.

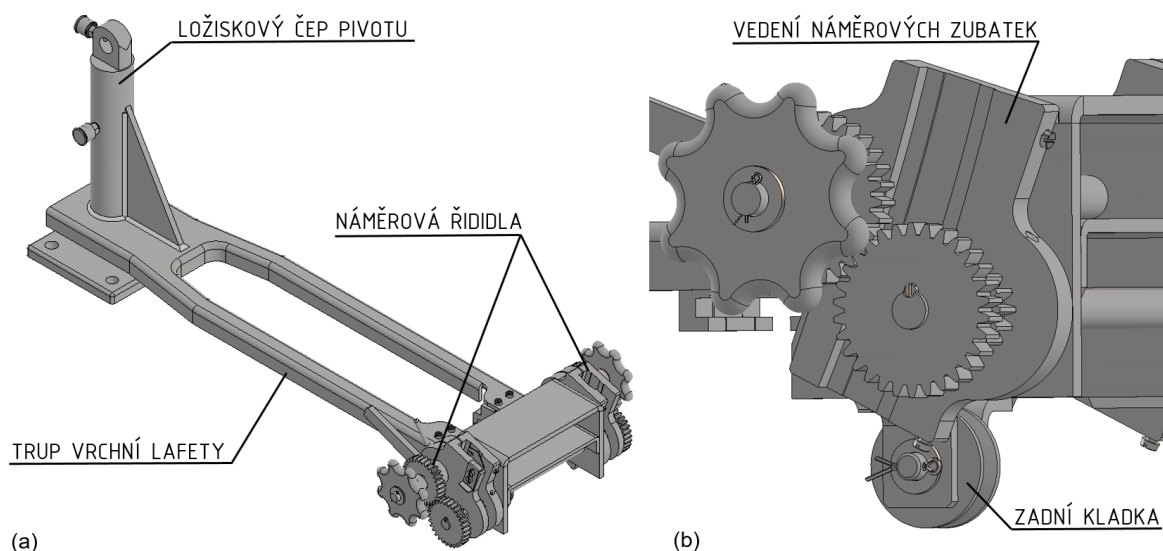


Obr. 4-3 Spodní lafeta; (a) celkový pohled na spodní lafetu; (b) detail řezu odměrovou kluzavkou zapadající do odměrových kluzátek vrchní lafety.

### 4.1.3 Vrchní lafeta

Trup vrchní lafety je vylisován z plechu o tloušťce 5 mm a opatřen na předním konci ložiskovým čepem pivotu, pomocí kterého možno lafetě udíletí odměr. Na zadním konci trupu lafety je přivařen třmen pro upevnění náměrového řididla a připevněny odměrová kluzátka, která jsou vytvořena tak, že při udílení odměru klouzají na té části odměrové kluzavky, na které není vyryta odměrová stupnice /aby tuto neničily/. Na spodní výztuze třmenu /držák kladky/ je upevněna zadní kladka pro lanko vyvažovacího závaží. Přední kladka závaží je upevněna pod pivotovým čepem na spodní lafetě. [6]

Při sestavení modelu vrchní lafety podle výkresů se nenachází střed rádiusu vedení náměrových zubatek ve středu otáčení na ložiskovém čepu – nebylo možné udílet náměr.

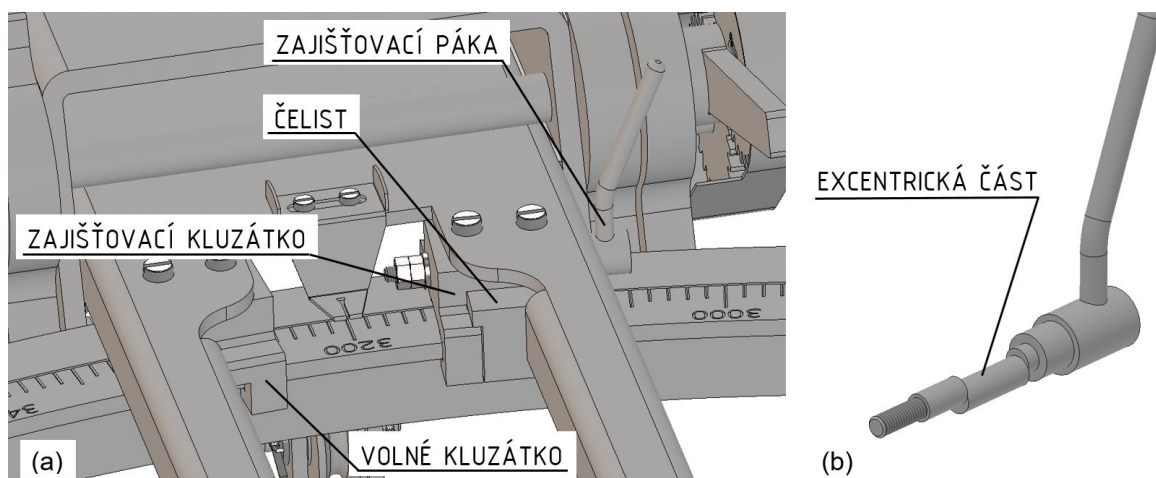


Obr. 4-4 Vrchní lafeta; (a) celkový pohled na sestavu; (b) detail kladky a vedení náměrových zubatek.

#### 4.1.4 Udílení a zajištění odměru

Udílení odměru se děje pouze volně rukou, bez odměrového řididla. Odměrová kluzavka je pevně přišroubována na spodní lafetě. Odměr možno v kterékoliv poloze zajistiti zajišťovací pákou, která je po levé straně trupu vrchní lafety nad odměr. kluzavkou. Omezení rozsahu odměru se děje stavitelnými odměrovými narážkami (Obr. 4-3), které možno libovolně posouvat po odměr. kluzavce. [6]

Jedno odměrové kluzátko je volné, druhé je zajišťovací. V něm se nachází pohyblivě uložená čelist. Zajišťovací páka má excentrickou část, která zabírá do oválného otvoru pohyblivé čelisti. Pohybem páky směrem dopředu se posouvá čelist dozadu a tím zajistí odměr lafety (sevre odměrovou kluzavku mezi zajišťovací kluzátko a čelist).



Obr. 4-5 Zajištění odměru; (a) detail na umístění kluzátek; (b) zajišťovací páka.

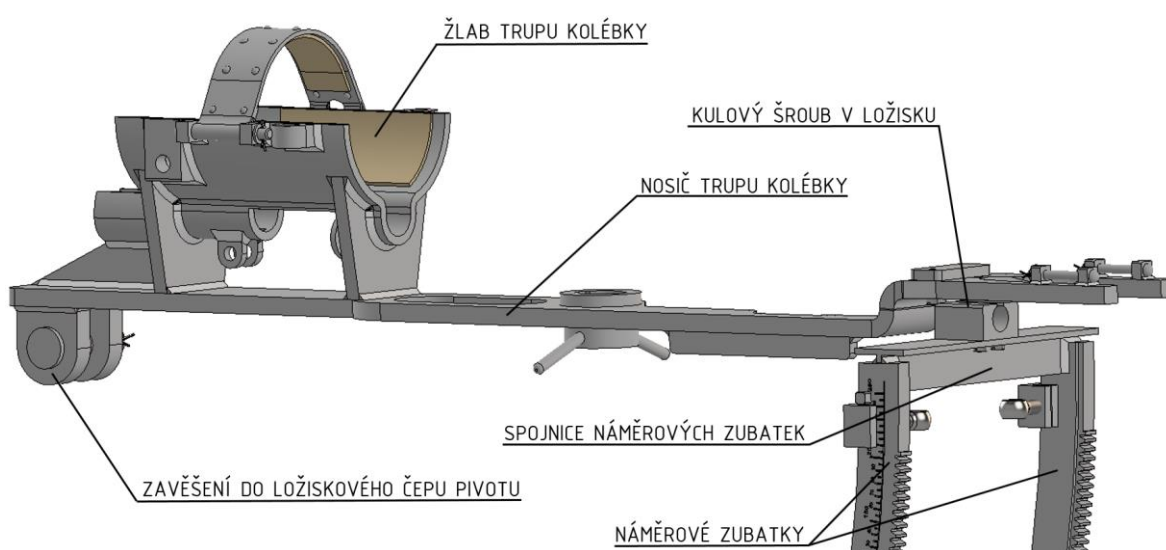
Dle velikosti průměrů částí páky z výkresové dokumentace ji nelze vložit do kluzátka. Také její délkové rozměry brání funkci excentrické části a není možné s pákou otáčet.



#### 4.1.5 Kolébka

Kolébka pozůstává z nosiče trupu kolébky a ze žlabu trupu kolébky, který je na nosič přivařen a umožňuje přední uchycení jednotlivých kulometů. Nosič trupu kolébky je v přední části zavěšen do ložiskového čepu pivotu a v zadní části kulovým šroubem uchycen v ložisku, upevněném na horní spojnici náměrových zubatek. Tímto uspořádáním možno udílet kolébce náměr. Nosič trupu kolébky je dále přizpůsoben tak, aby naň bylo možno provést zadní uchycení jednotlivých kulometů. [6]

Kulový šroub v zadní části kolébky je uložen v kulovém ložisku. To umožňuje malý pohyb spojnice náměrových zubatek vpřed a vzad a tím vymezuje výrobní nepřesnosti. U samotné kolébky zásadní problém s rozměry výkresové dokumentace není.

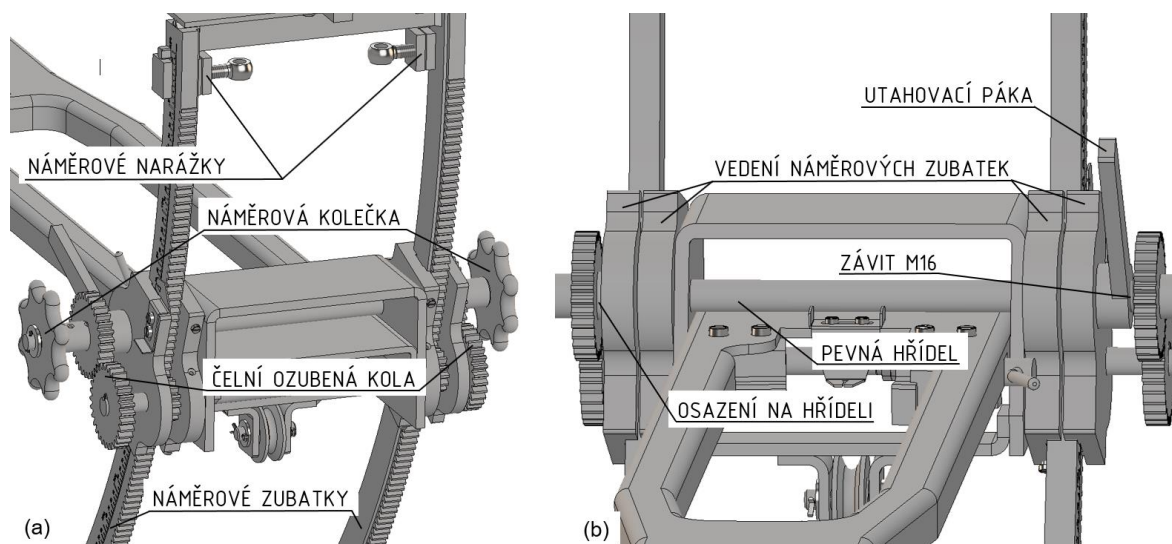


Obr. 4-6 Kolébka lafety.

#### 4.1.6 Udílení a zajištění náměru

Otáčením ručních náměrových koleček, které jsou pevně připevněny na společném hřídeli, otáčí se pomocí páru čelně ozubených koleček hřídel, nesoucí dva pastorky, které zabírají do náměrových zubatek. Náměrové řídídlo není vypínatelné, ale je tak vypracováno, že možno kolébce udílet i náměr volně rukou. Náměr možno v kterékoliv poloze zajistiti zajišťovací pákou, která je u levého náměr. kolečka. Omezení rozsahu náměru se děje stavitelnými náměrovými narážkami, které možno libovolně posouvat po náměrové zubatce. [6]

Na pevně uložené hřídeli (zajištěné proti otáčení) se na jedné straně nachází osazení a na druhé straně závit M16, na který se našroubovává utahovací páka. Vedení náměrových zubatek při dotažení utahovací páky sevře zubatky mezi sebe a tím dojde k aretaci náměru. Závit M16, po kterém se pohybuje utahovací páka, má stoupání 2 mm na otáčku. Páka disponuje rozmezím pohybu 180° (půl otáčky), proto zde vzniká maximální vůle mezi vedením a zubatkami 1 mm.

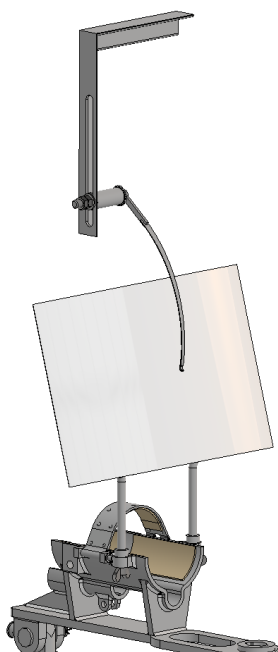


Obr. 4-7 Zajištění náměru; (a) zadní pohled na sestavu; (b) přední pohled.

#### 4.1.7 Pomocný zaměřovač

Za noci, mlhy, neb má-li ostřelovati určité místo bez přímého pozorování, děje se udílení náměru i odměru pomocným zaměřovačem. Je to bíle lakovaná deska, která je upevněna na trupu kolébky. Má válcový tvar, takže při výkyvech lafety se ukazovatel pom. zaměřovače, který je rektifikovatelně připevněn na stropu sruhu, stále jejího povrchu dotýká a je-li na bíle lakované desce zakreslen terén, ukazuje místo, které může býti ostřelováno. [6]

Při umístění ukazatele podle výkresové dokumentace docházelo k jeho vzpříčení s mapou při nastavení lafety do krajních poloh.

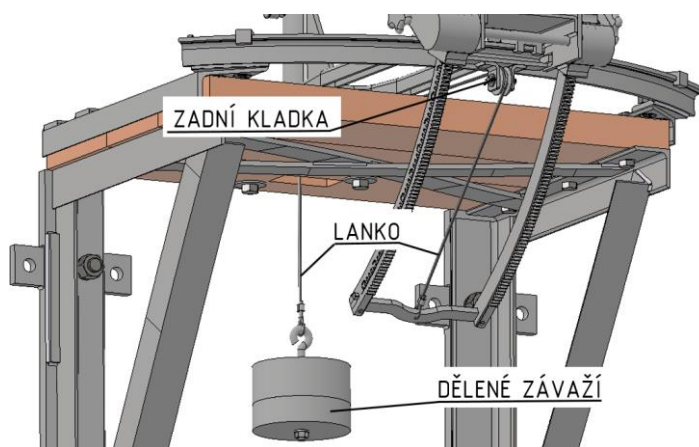


Obr. 4-8 Mapa s pomocným zaměřovačem.

#### 4.1.8 Vyvážení lafety:

K vyvážení lafety je použito závaží, které je zavěšeno na ocel. lanku. Lanko je upevněno jedním koncem na dolní spojnici náměrových zubatek, druhým koncem na závaží. Převodem přes dříve již popsané kladky, vyrovnává závaží váhu lafety s kulometry a umožňuje tak snadnější udílení náměru. Závaží je dvojdílné, aby bylo možno lafetu při různém zatížení stejnoměrně vyvážit. [6]

Přední kladka se nachází na spodní lafetě pod pivotovým čepem a zadní kladka se nachází na spodní výztuze třmenů na vrchní lafetě. Průměr přední kladky je dle výkresové dokumentace příliš malý a lanko drhne o stůl při změně náměru.



Obr. 4-9 Systém vyvážení lafety.



## 4.2 Vytvoření modelu těžkého kulometu vz. 24

Metodou reverzního inženýrství je vytvořen model kulometu upínaného do lafety. To obsahuje jeho naskenování, úpravu polygonální sítě a poté vytvoření CAD modelu.

Ze třech zbraní, pro které byla lafeta konstruována, byl vybrán těžký kulomet vz. 24. Důvodem byly již dříve popsané příznivější podmínky pro skenování, jako je například jednodušší válcový tvar vodou chlazené hlavně oproti žebrovaným, vzduchem chlazeným hlavním ostatních dvou kulometů. Také jeho povrch je natřený olivově zelenou barvou, což znatelně zvyšuje odrazivost světelných paprsků během skenování v porovnání s ostatními dvěma kulometry, které mají černěný povrch.

Věrná replika kulometu byla pro skenování zapůjčena od pana Ing. Bc. Rostislava Adama, místopředsedy Klubu vojenské historie ROTO Chvalovice.

### 4.2.1 Skenování

Sken těžkého kulometu vz.24 byl proveden ve školních laboratořích optické digitalizace, místnost D5/471 panem Ing. Tomášem Kouteckým Ph.D. Vhodný typ skeneru byl ATOS III Triple Scan pro jeho přesnost a velikost měřicího objemu. Před vlastním skenováním proběhla výměna objektivů skeneru. Měřicí objem byl nastaven v tomto případě na 560×420×420 mm. Vzdálenost dvou měřených bodů (rozlišení pro danou optiku a daný měřicí objem) byla 0,176 mm. Dalším důležitým parametrem skeneru je výstup z tzv. Acceptance testu, který je prováděn s optikou při její expedici do prodeje, popřípadě v průběhu používání pro ověření přesnosti. Jedná se o hodnocení dle směrnice VDI 2634/Part 3, kde měří pomocí skeneru dvě koule. Vyhodnocuje se odchylka od skutečného průměru koule, vzdálenost těchto koulí a odchylka proložením naskenované koule tělesem od ideální koule.

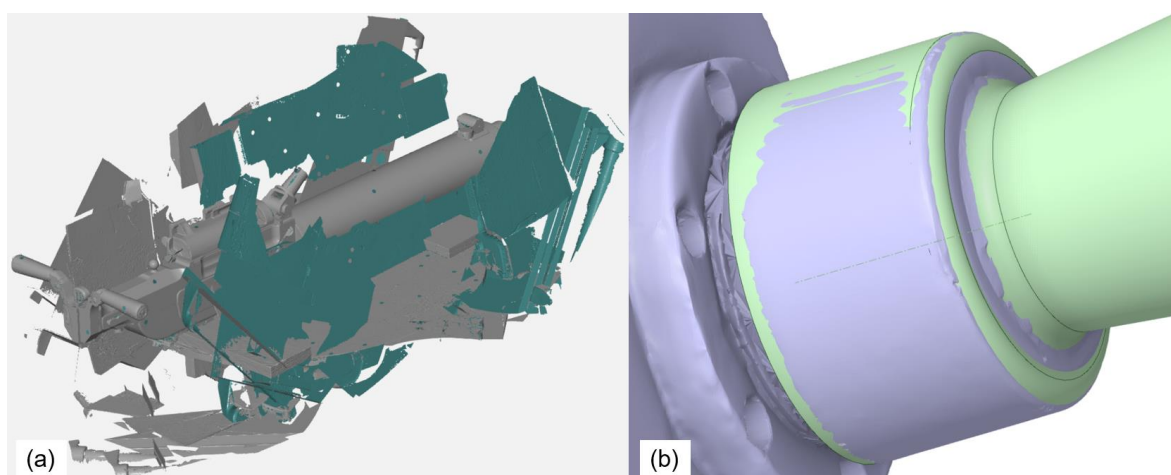
Skener je nutno před skenováním zkalibrovat. Keramická kalibrační deska se umístí na podlahu místnosti a namíří se na ni hlavička skeneru. Poté stačí spustit kalibrační program a kalibrace proběhne automaticky. Při přípravě kulometu pro skenování je na něj nutno umístit malé papírové body, podle kterých si skener orientuje skenovanou součást v prostoru. Vlastní skenování probíhá po jednotlivých krocích, kdy stroj oskenuje daný prostor a vytvoří z něj polygonální prostorovou síť. Poté je možno součást pootočit a vše může proběhnout znovu. V softwaru ATOS Professional V8 je ze všech skenů skládána jedna síť.



Obr. 4-10 Skenování kulometu; (a) kalibrace přístroje; (b) průběh skenování.

#### 4.2.2 Úprava skenovaných dat po CAD model

Výstupem skenování je polygonální prostorová síť, kterou nelze využít v CAD modelářích pro kontrolu kolizí. Nutností je převedení prostorové sítě na objemové těleso. Naskenovaná síť obsahuje kromě části kulometu také části skenovací podložky (Obr. 4-11a). V programu GOM Inspect 2018 byly odstraněny přebytečné plochy sítě a následně mi vedoucí práce doporučil program Ansys SpaceClaim 2021 R1, ve kterém byl ze sítě vytvořen CAD model těžkého kulometu vz. 24 postupným přidáváním prvků tělesa. Při skenování vznikla komplikace s obrtlíkem (kuželový čep sloužící k upnutí kulometu do lafety či polního podstavce), který byl nakloněn na jednu stranu. To si vyžádalo jeho úpravu do svislé polohy pro upnutí do lafety.



Obr. 4-11 Vytváření CAD modelu kulometu; (a) polygonální síť po skenování; (b) rekonstrukce tvarů polygonální sítě pomocí těles.

## 4.3 Vhodná výrobní technologie

Jedním z hlavních požadavků pro tuto repliku je ekonomicky výhodná konstrukce. Dalším požadavkem je možnost sestavit ji v „domácích“ podmínkách klubů a muzeí zabývajících se pohraničním opevněním.

Vybranou technologií výroby je maximální možné využití výpalků plechu na laseru a jejich následné skládání a svařování. Několik součástí je plánováno pro výrobu obráběním na CNC frézce z důvodu jejich složitosti.

Replika lafety vyrobená tímto způsobem nepředstavuje její stoprocentní kopii. Kladen je důraz na ekonomickou stránku výroby, což je promítnuto do snížené přesnosti podoby repliky. Pokud by existoval požadavek na sestrojení přesnější repliky, je možno vytvořit z původního modelu výkresovou dokumentaci a podle ní vyrobit repliku pomocí obrábění. To se určitě promítne do náročnosti i finanční stránky výroby. Vždy se tedy jedná o kompromis mezi přesností repliky a ekonomické stránky výroby.

### 4.3.1 Zkušenosti se zvolenou technologií

Klub vojenské historie ROTO Chvalovice má se zvolenou technologií výroby kladné zkušenosti z předchozích let, kdy takto stavěli například posuvnou podlahu pancéřového zvonu nebo repliku lafety M pro dvojče těžkých kulometů vz. 37 do jejich pěchotního srubu (Obr. 4-12) – na obrázku se nejedná o Královopolskou lafetu.

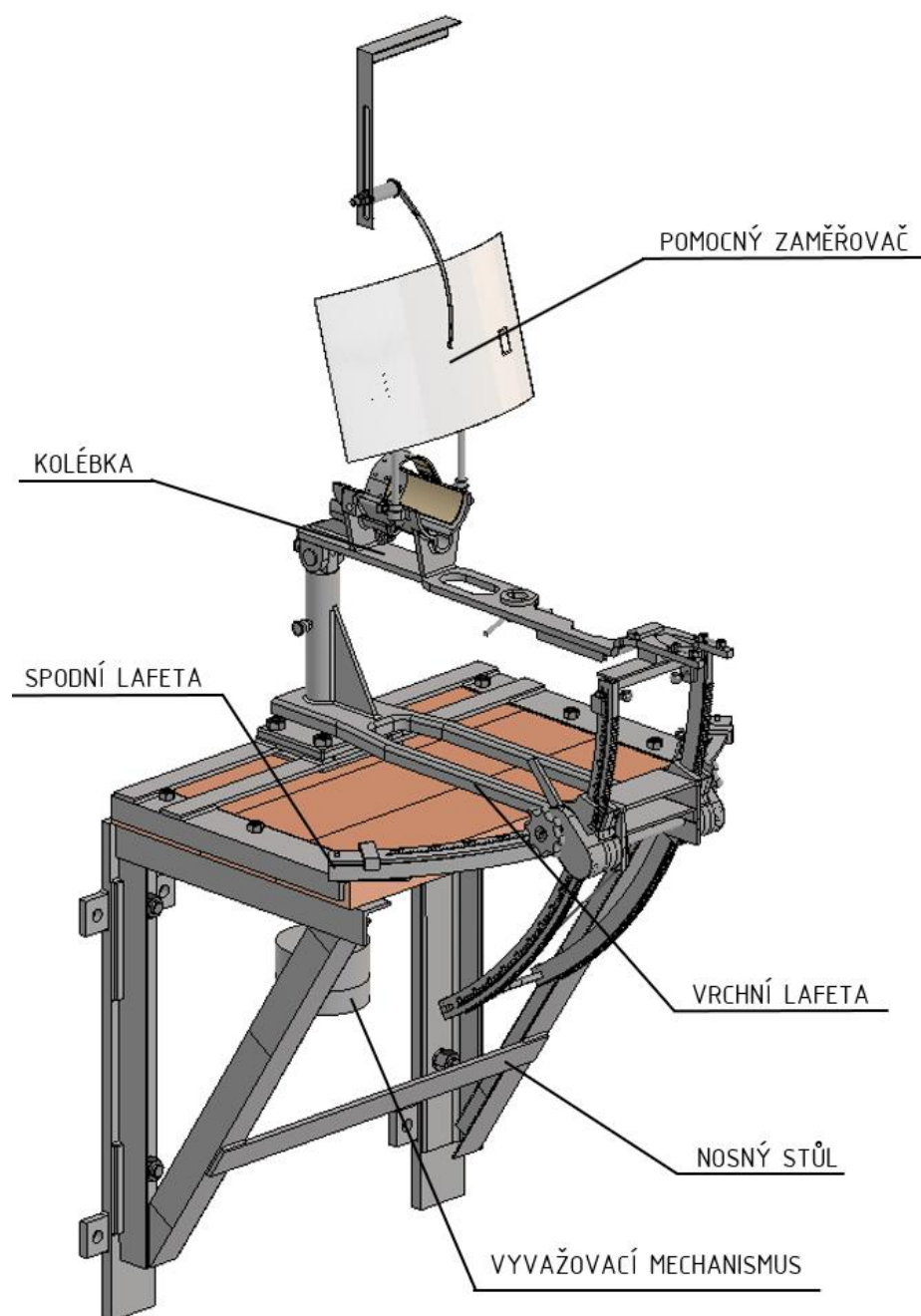


Obr. 4-12 Ukázka dřívější výroby lafety touto technologií. Je patrné spojení plechových výpalků do větších dílů. Fotografie je z průběhu výroby lafety M pro dvojče těžkých kulometů vz. 37. [11]

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 3D model lafety

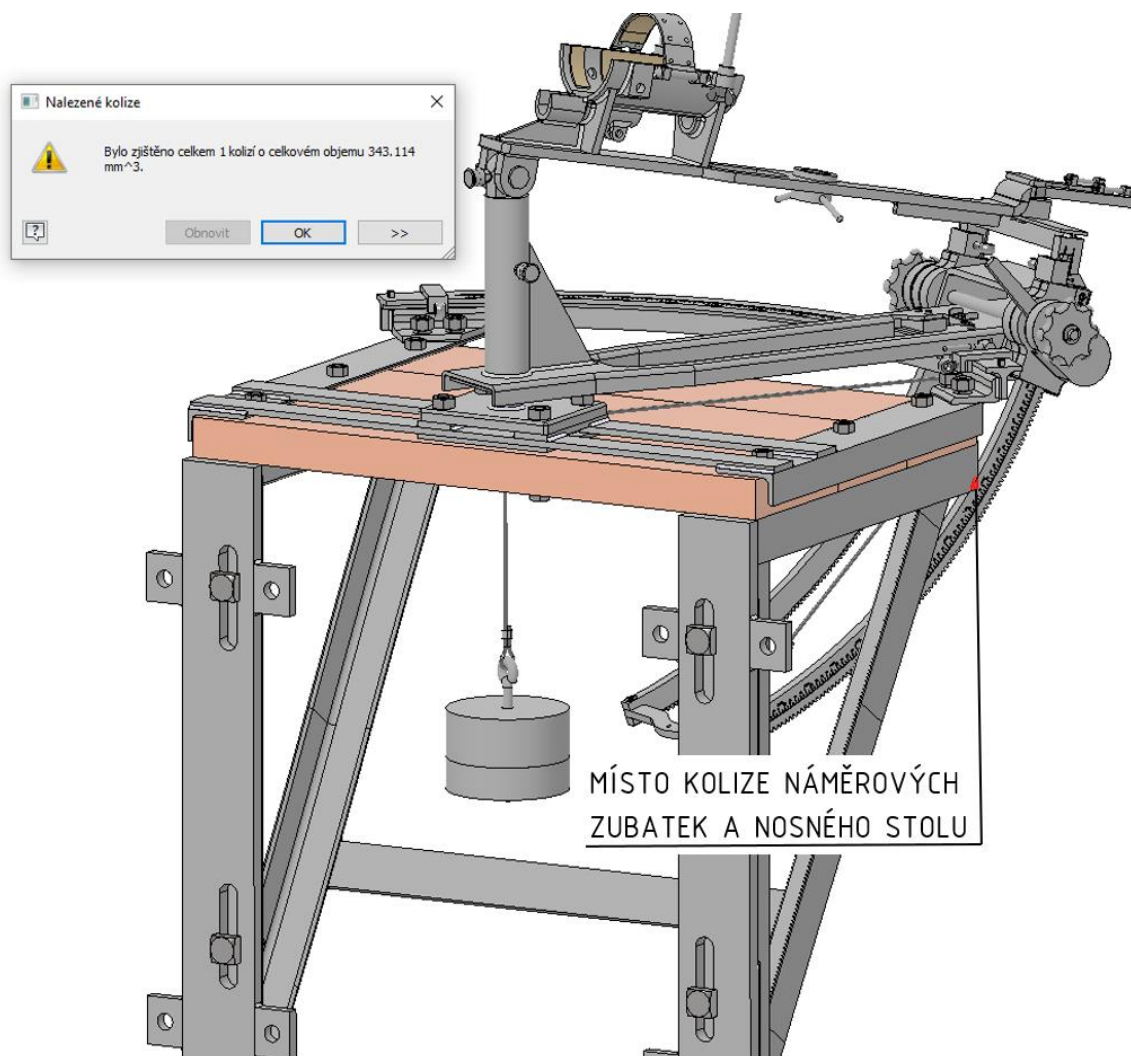
Po zpracování všech dříve zmíněných nalezených nepřesností výkresové dokumentace a kolizí modelu je sestaven model Královopolské lafety. Ten je použit jako vzor pro model výrobní, ze kterého vychází výkresová dokumentace k výrobě repliky.



Obr. 5-1 Celkový pohled na model Královopolské lafety.

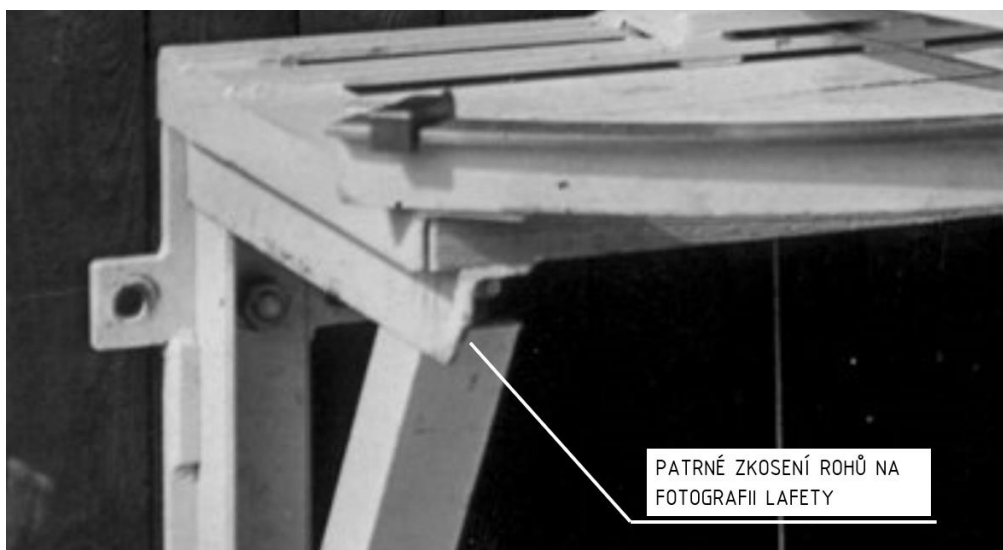


V tomto modelu je možné provést kontrolu pohybu lafety a při něm odhalit případné další kolize. Ty vznikají v krajních polohách lafety, kde náměrové zubatky naráží do rohů vodorovných úhelníků konstrukce stolu.



Obr. 5-2 Model původní lafety v krajní poloze – kontrola kolizí.

Tato kolize byla odstraněna zkosením těchto rohů. Poté při pohybu lafety již nevznikají další kolize a model je tedy plně funkční. Zajímavostí jsou takto upravené rohy vodorovných úhelníků stolu lafety na dochované fotografii (Obr. 5-3) – z toho vyplývá, že tento problém byl řešen již v předválečné výrobě. Potvrzuje to správnost nalezení kolizního místa a ukazuje nespornou výhodu vytvoření 3D modelu s možností kontroly kolizí.



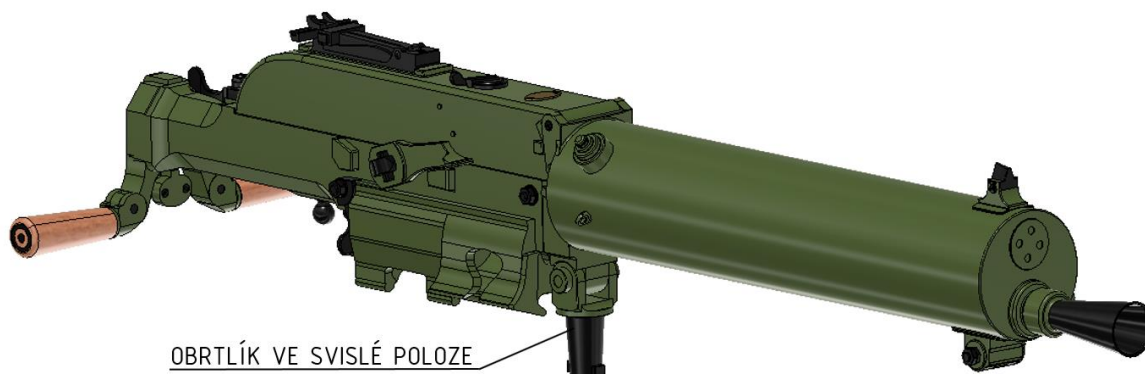
Obr. 5-3 Detail dochované fotografie lafety – zkosené rohy vodorovných úhelníků stolu. [6]

## 5.2 Model těžkého kulometu vz. 24

Vytvoření CAD modelu je provedeno rekonstrukcí jeho polygonální sítě v objemové těleso, které lze následně použít pro kontrolu kolizí. Jelikož při skenování kulometu byl obrtlík nakloněn na stranu, bylo důležitým krokem jeho přemodelování do svislé polohy pro uchycení do lafety (Obr. 5-4).

Jako student bakalářského studia jsem měl možnost využít pouze studentskou (ne edukační) verzi programu Ansys SpaceClaim 2021 R1. Tato verze neumí export CAD modelu do jiných formátů, proto mi vedoucí práce převedl tento model do formátu .step, umožňující otevření souboru v jiných CAD modelářích, jako je např. Autodesk Inventor Professional 2019.

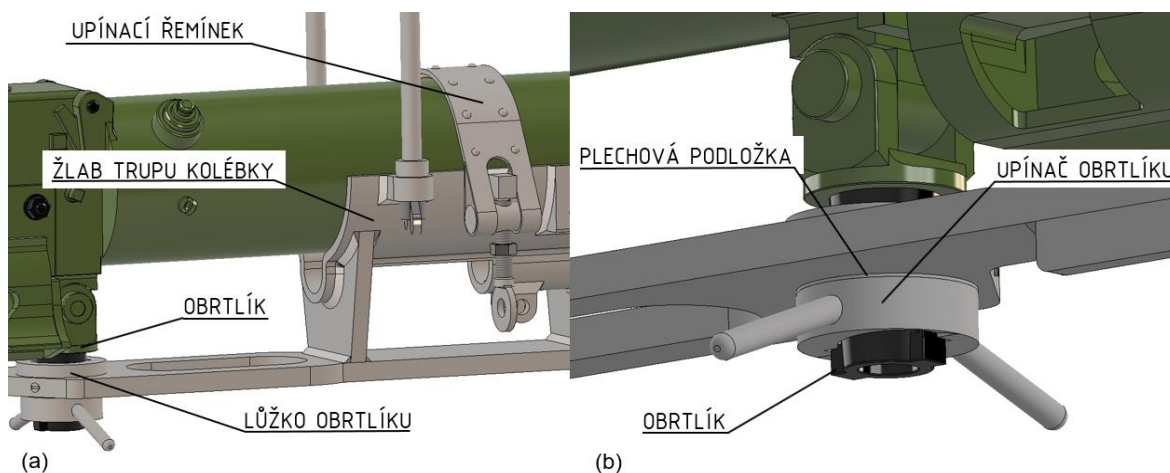
Vytvořený CAD model bude také poskytnut Klubu vojenské historie ROTO Chvalovice pro případné prezentační účely.



Obr. 5-4 CAD model těžkého kulometu vz. 24.

### 5.2.1 Upínání kulometu do lafety

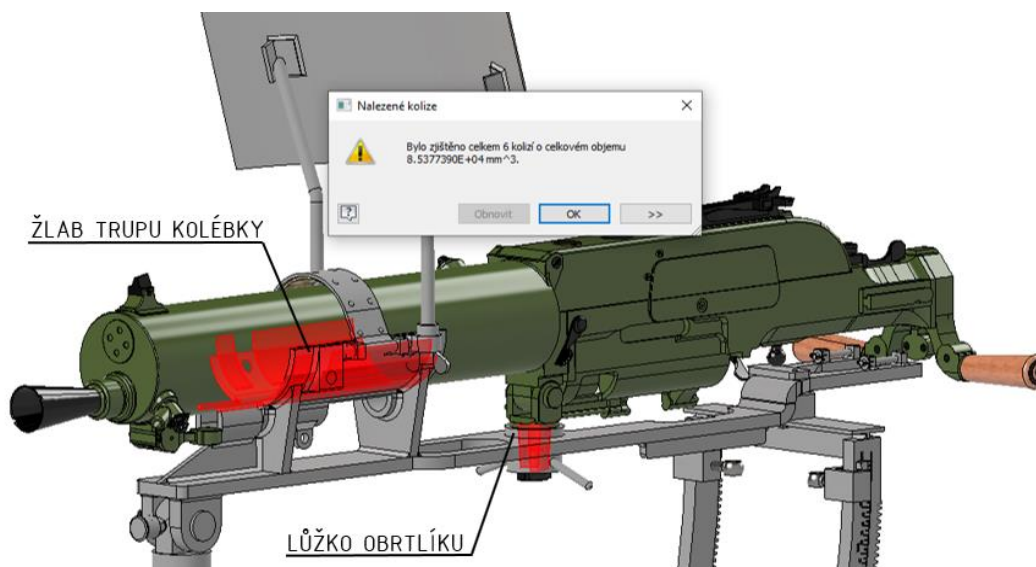
Těžký kulomet vz. 24 se sundá z polního podstavce a obrtlíkem je vložen do lůžka v lafetě. Zespodu je uchycen dotažením upínače, který má v sobě dvě půlkruhové spirálové drážky se stoupáním 3 mm na půl otáčky a jeho otočením je obrtlík přitažen do kuželovitého lůžka. V případě potřeby lze pod upínač vložit plechovou podložku o tloušťce 1 mm. Vepředu je kulomet vložen do žlabu kolébky a shora utažen řemínkem.



Obr. 5-5 Kulomet vsazený v lafetě; (a) pohled z pravé strany na oba upínací prvky; (b) detail upnutí obrtlíku.

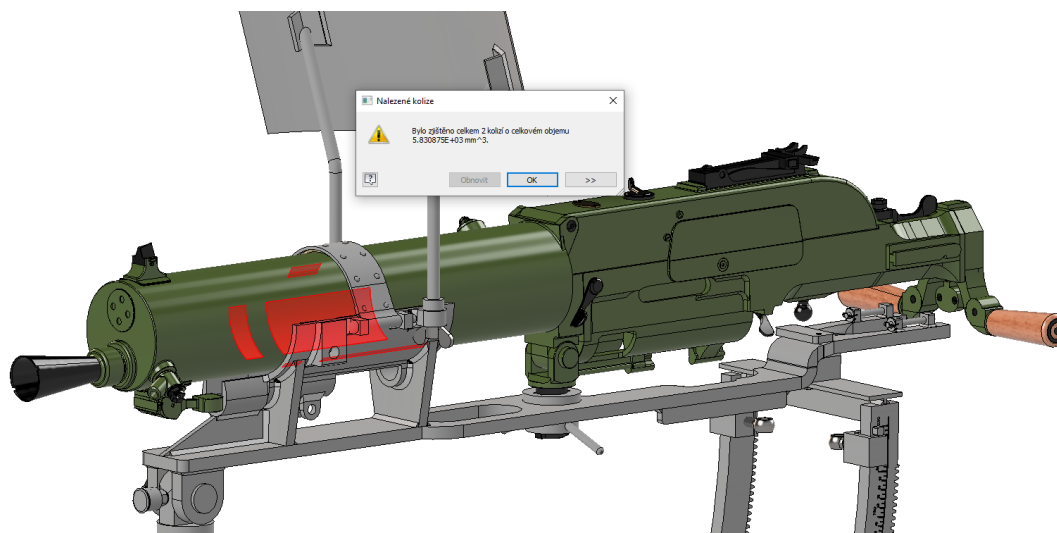
### 5.3 Kontrola funkčnosti upínacích míst lafety

CAD model kulometu byl po jeho vytvoření virtuálně upnut do lafety a při následné kontrole kolizí obou modelů vyšlo najevo, že kulomet je v lůžku obrtlíku uchycen příliš nízko a hlaveň z tohoto důvodu neseďí ve žlabu trupu kolébky.



Obr. 5-6 Upnutí kulometu do lafety a proběhlá kontrola kolizí modelu kulometu s lafetou.

Proto bylo nutné upravit rozměry lůžka, aby celý kulomet správně seděl v lafetě jak v lůžku obrtlíku, tak ve žlabu kolébky. Hlavní úpravou bylo posunutí celého kulometu o 7 mm výš a tím změna rozměrů lůžka obrtlíku i snížení výšky upínače obrtlíku. Po upravení byla provedena znovu kontrola kolizí. Ta ukázala kolizi pouze v místě žlabu kolébky mezi hlavní kulometu a plstěnou výstelkou kolébky. Tato kolize je považována za přijatelnou, jedná se pouze o měkkou výstelku, která je při upnutí hlavní kulometu stlačena.



Obr. 5-7 Kontrola kolizí po upravení upínacích prvků.

## 5.4 Vhodná výrobní technologie a výkresová dokumentace

Výrobní model rozměrově vychází z původního modelu královopolské lafety, je však upraven pro zvolenou technologii maximálního možného využití ohýbaných výpalků plechu na laseru a jejich následným skládáním a svařováním. Několik součástí bude vyrobeno obráběním na CNC frézce z důvodu jejich složitosti.

Svařovaný díl z výpalků plechu na laseru je pro kusovou výrobu o poznání levnější než lisovaný plech, kvůli kterému by bylo nutno připravovat drahé lisovací nástroje. To přináší jistá úskalí, jako je například menší přesnost a nižší tuhost lafety, avšak jako repliku tyto negativa neomezují – nebude využívána k dlouhodobému namáhání při střelbě a bude plnit hlavně vizuální funkci. Po dokončení stavby bude konstrukce opatřena nátěrem, který vzhled spojovaných plechů skryje a součásti budou vypadat jako téměř jednolitě.

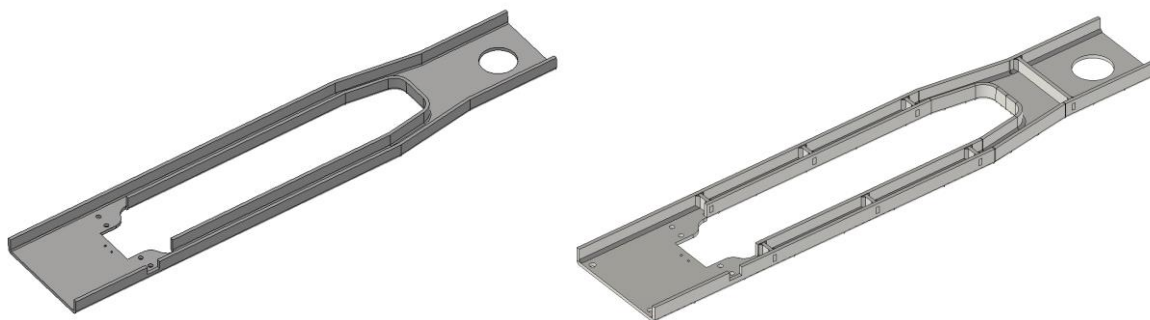
Z tohoto modelu také vychází výkresová dokumentace k výrobě. Takovýto způsob přípravy repliky velice usnadňuje případnou úpravu modelu a následně i výkresové dokumentace po stavbě prvního kusu, kde by mohlo dojít k nalezení některých konstrukčních nedostatků tohoto způsobu výroby.



### 5.4.1 Příklady nahrazení některých dílů lafety

#### Trup vrchní lafety

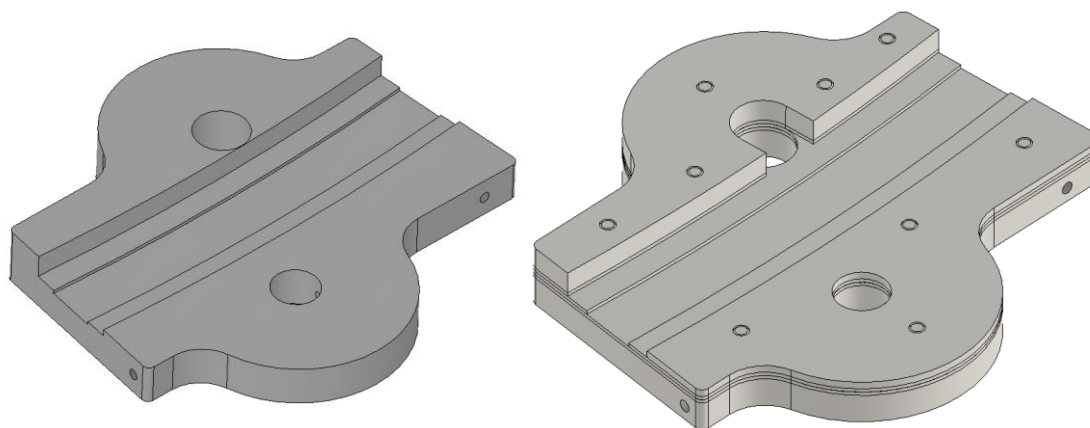
Lisovaný plech trupu vrchní lafety o tloušťce 5 mm byl nahrazen svařencem. Ten se skládá z rovného plechu, ke kterému jsou přivařeny boční plechy. Pro zachování dostatečné tuhosti a pro zabránění nadměrného kroucení jsou tyto plechy vyztuženy výztuhami.



Obr. 5-8 Svařenec trupu vrchní lafety. Původní díl vlevo, upravený díl vpravo na obrázku.

#### Vedení náměrových zubatek

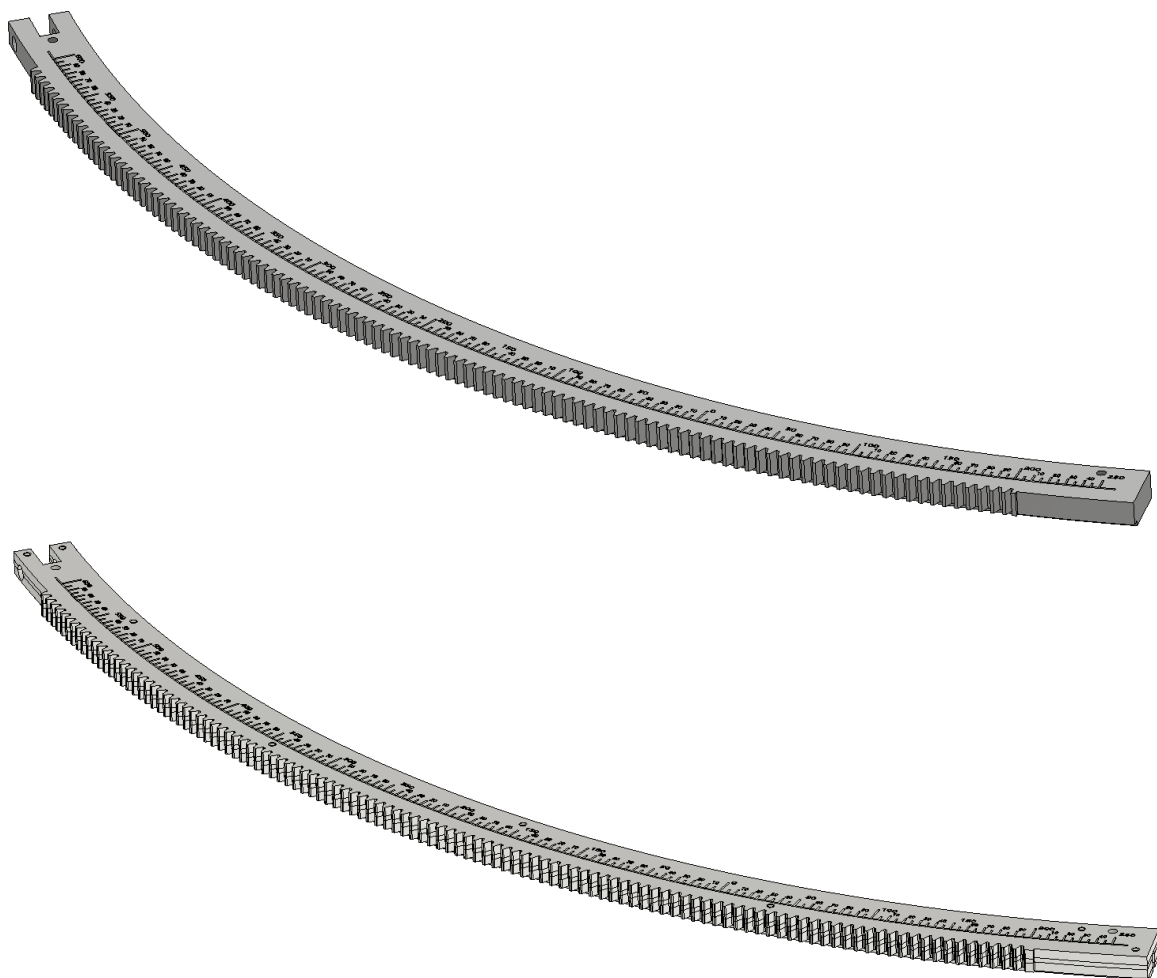
Vedení náměrových zubatek bylo nahrazeno několika plechy různých tlouštěk složených na sebe a následně spojených kolíky o průměru 4 mm. Kolíky budou k plechům přivařeny a následně zabroušeny. Alternativní možností je kolík na koncích roznýtovat a tím předejít kroucení plechů vlivem místního zahřátí.



Obr. 5-9 Vedení náměrových zubatek složené z plechů různých tlouštěk. Původní díl vlevo, upravený díl vpravo na obrázku.

#### Náměrové zubatky

Náměrové zubatky byly také nahrazeny několika plechy a spojeny kolíky podobně jako jejich vedení. Použití normalizovaného ozubeného hřebenu v tomto případě nepřipadalo v úvahu – jeho rozměry jsou menší, než rozměry zubatek a jeho přesné stáčení do požadovaného tvaru by bylo náročné na provedení. Klub již má pozitivní zkušenosti s pálením ozubených hřebenů na jiných lafetách, proto byla zvolena tato varianta.

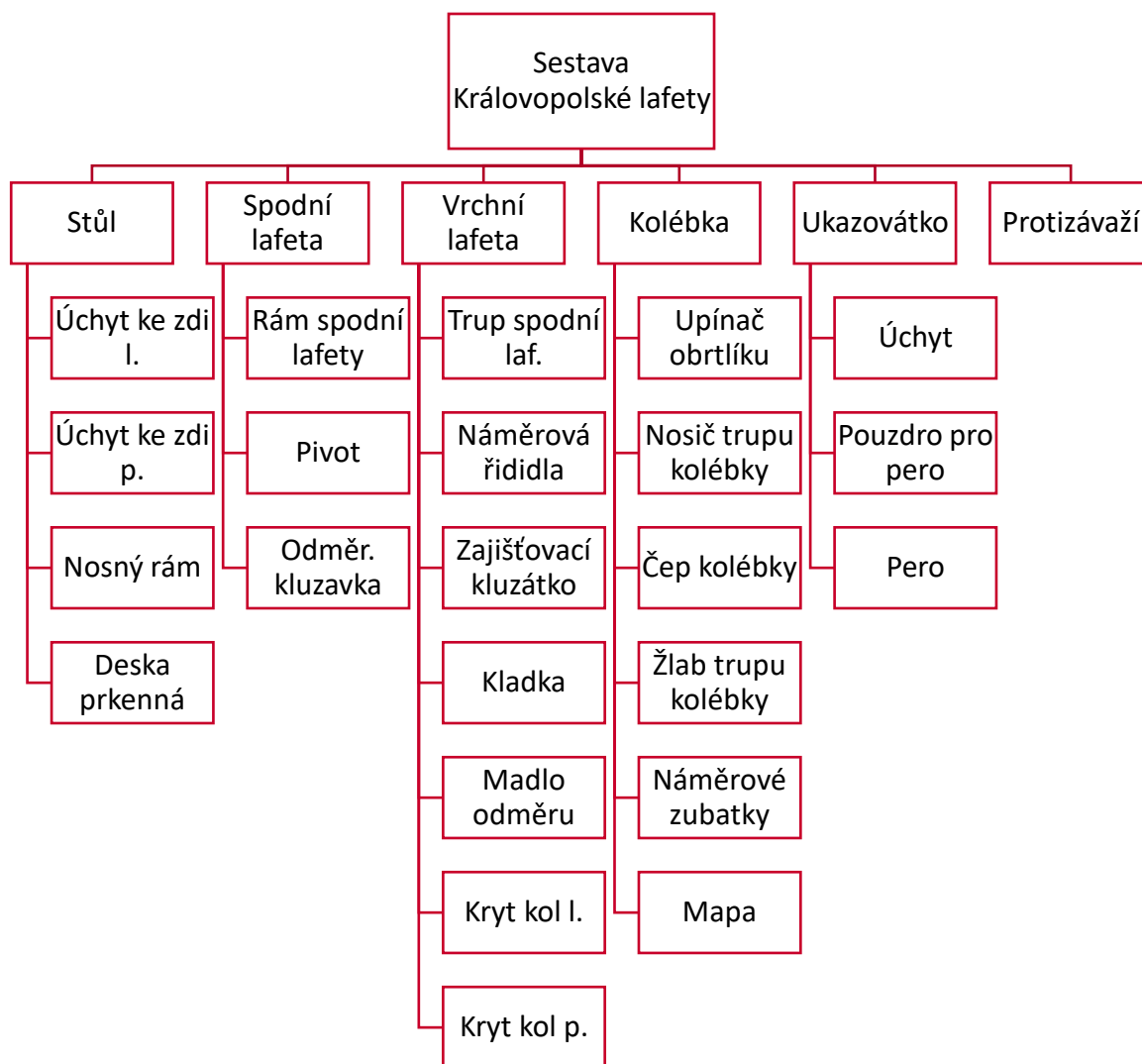


Obr. 5-10 Náměrová zubatka. Původní díl nahoře, upravený díl dole na obrázku.

Po složení zubatek bude následovat gravírování stupnic, které označují hodnotu náměru. Dílky stupnice jsou děleny po  $5,6^\circ$  jako na původních lafetách. Gravírování stupnice bude také provedeno na odměrové kluzavce na spodní lafetě.

## 5.5 Výrobní výkresová dokumentace

Kompletní výkresovou dokumentaci k výrobě repliky lafety tvoří sestava celé lafety a šest hlavních podsestav. Ty se dělí na další podsestavy maximálně do třetí úrovně. Celkem výrobní výkresovou dokumentaci tvoří 189 výkresů. Schematicky nakreslený strom výkresové dokumentace do druhé úrovně podsestav se nachází na následujícím obrázku.



Obr. 5-11 Schéma výkresové dokumentace rozkreslené do druhé úrovně podsestav.

## 6 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce je vytvoření podkladů pro výrobu repliky kulometné Královopolské lafety používané v objektech lehkého opevnění vz. 36. Jelikož se do dnešních dní nedochoval jediný exemplář, přinese tato replika veřejnosti vysvětlení některých nejasností ohledně její konstrukce a použití. Práce vznikla ve spolupráci s Klubem vojenské historie ROTO Chvalovice, který následně lafetu podle podkladů vyrobí a bude umístěna do expozice jejich muzea. Ze zájmu dalších muzeí o repliku této lafety se dá časem předpokládat výroba více kusů.

V úvodní části práce je představen současný stav poznání Královopolské lafety a kulometů, které do ní byly upínány. Následující části jsou věnovány lafetě samotné, popisu její funkce a vytvoření modelu. Také je zde popsáno 3D skenování těžkého kulometu vz. 24, následná úprava skenovaných dat a převod do CAD modelu, který posloužil k virtuálnímu ověření kompatibility lafety se zbraní. Další částí je konstrukce výrobního modelu, který vychází z modelu původní lafety. Změnou jsou upravené součásti pro výrobní technologii s co nejnižšími náklady. Model posloužil k vytvoření výrobní výkresové dokumentace, která je součástí této práce. Všechny tyto stanovené dílčí cíle práce byly splněny. Výrobní výkresová dokumentace je podkladem pro výrobu repliky nejenom Klubu vojenské historie ROTO Chvalovice, ale i dalších.

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SVOBODA, Tomáš, Jan LAKOSIL a Ladislav ČERMÁK. Velká kniha o malých bunkrech: československé lehké opevnění 1936-1938. Praha: Mladá fronta, 2011. ISBN 978-80-204-2422-8.
- [2] Prázdniny 2020 na Zatačce – mj-s4 – album na Rajčeti. *mj-s4 – seznam alb na Rajčeti* [online]. 14. srpen 2020 [cit. 2021-05-19]. Dostupné z: [https://mj-s4.rajsce.idnes.cz/Prazdniny\\_2020\\_na\\_Zatacce/1461711220](https://mj-s4.rajsce.idnes.cz/Prazdniny_2020_na_Zatacce/1461711220)
- [3] Reverse engineering | Reverzní inženýrství a aditivní technologie. *3dlaboratory* [online]. Copyright © 2014 [cit. 2021-05-07]. Dostupné z: <http://3dlaboratory.cz/reverse-engineering/>
- [4] EIS, Jiří. Název: Technologie výroby kopie osobního automobilu pomocí digitalizace. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. s. 87. Vedoucí práce: Ing. Josef Sedlák, Ph.D.
- [5] Zalafetovaný těžký kulomet v řopíku - Galerie: Dělostřelecká tvrz Stachelberg. *iTRAS – to nej z české krajiny* [online]. Copyright © 2009 [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <https://itras.cz/delostrelecka-tvrz-stachelberg/galerie/9031/>
- [6] VÚA-VHA, f. ZTÚ 3, kart. 3, úplná kulometná lafeta 1. o. starého typu – 9 plánů a přejímací protokol.
- [7] Lehký kulomet vz. 26 (ZB-26) - Zbraně | Fronta.cz. *Druhá světová válka | Fronta* [online]. Copyright © 1999 [cit. 2021-05-07]. Dostupné z: <https://www.fronta.cz/fotogalerie/lk26>
- [8] Lehký kulomet ZB vz. 26 a vz. 30 – Druhá světová válka – druhasvetova.com. *Druhá světová válka od Armády po Ženy – druhasvetova* [online]. Copyright © 2008 [cit. 2021-05-07]. Dostupné z: [https://www.druhasvetova.com/?p=zbrane/ceskoslovensko/Lehky\\_kulomet\\_ZB\\_v\\_z\\_26\\_a\\_vz\\_30](https://www.druhasvetova.com/?p=zbrane/ceskoslovensko/Lehky_kulomet_ZB_v_z_26_a_vz_30)
- [9] LAKOSIL, Jan. Těžký kulomet vz. 7/24 (vz. 24) Schwarzlose. *Ropiky* [online]. 31. srpen 2004 [cit. 2021-05-07]. Dostupné z: [https://www.ropiky.net/clanky\\_item.php?id=1093986205](https://www.ropiky.net/clanky_item.php?id=1093986205)
- [10] NIČ, Martin. Těžký kulomet ZB 53 (těžký kulomet vz.37). *Ropiky* [online]. 24. leden 2005 [cit. 2021-05-07]. Dostupné z: [https://www.ropiky.net/clanky\\_item.php?id=1106687308](https://www.ropiky.net/clanky_item.php?id=1106687308)
- [11] Lafeta M vz. ROTO – mj-s4 – album na Rajčeti. *mj-s4 – seznam alb na Rajčeti* [online]. 1. květen 2013 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: [https://mj-s4.rajsce.idnes.cz/Lafeta\\_M\\_vz.\\_ROTO/620820401](https://mj-s4.rajsce.idnes.cz/Lafeta_M_vz._ROTO/620820401)

- [12] ČERMÁK, Ladislav. Historie československého opevnění z let 1935-38. *Bunkry* [online]. Aktualizováno dne 25.11.2008 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.bunkry.cz/clanek/1180>
- [13] DUBÁNEK, Martin, Tomáš PILVOUSEK a Jan LAKOSIL. Putování po československém opevnění 1935-1989: muzea a zajímavosti. Praha: Mladá fronta, 2010. ISBN 978-80-204-2200-2.
- [14] Mapa vybudovaného čs.opevnění - Čs.opevnění 1936 - 1938. *Hlavní stránka - Čs.opevnění 1936 - 1938* [online]. 8. březen 2009 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://opevneni.7x.cz/rubriky/hlavni-stranka/mapa-vybudovaneho-cs-opevneni>
- [15] Bunkry.cz - Tvrz Dobrošov. *Bunkry* [online]. Copyright © 2001 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://www.bunkry.cz/slozka/5038>
- [16] SVITÁK, Miloslav. Opevnění Jindřichohradecka z let 1936-1938: příprava obrany Jindřichohradecka v roce 1938. Jindřichův Hradec: Miloslav Sviták, 2007. ISBN 978-80-239-9634-0.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

<i>3D</i>	Trojrozměrný (3 – Dimensional)
<i>CAD</i>	Počítačem podporované navrhování (Computer Aided Design)
<i>LO</i>	Lehký objekt
<i>RE</i>	Reverzní inženýrství (Reverse Engineering)
<i>ŘOP</i>	Ředitelství opevňovacích prací

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1	Nákres podoby Královopolské lafety s lehkým kulometem vz. 26. [1].....	14
Obr. 2-2	Vnitřní vybavení pěchotního srubu MJ-S4 „Zatáčka“. Vlevo pevnostní kanón vz. 44/59 ráže 85 mm, vpravo dvojče těžkých kulometů vz. 37 umístěných v lafetě M. [2] .....	15
Obr. 2-3	Schéma porovnání reverzního inženýrství s klasickým procesem. Podle [4]	17
Obr. 2-4	Kulometná lafeta vz. 37 v objektu lehkého opevnění vz. 37 s těžkým kulometem vz. 37. [5] .....	18
Obr. 2-5	Jediné dochované foto královopolské lafety s popisem hlavních sestav. [6]	19
Obr. 2-6	Lehký kulomet vz. 26. [8] .....	21
Obr. 2-7	Těžký kulomet vz. 24 s polním podstavcem. [9] .....	22
Obr. 2-8	Těžký kulomet vz. 37 bez podstavce. [10] .....	23
Obr. 4-1	Náhled do fotokopie výkresu celkové sestavy lafety (boční pohled). [6] ....	26
Obr. 4-2	Nosič pro lafetu (stůl); (a) umístění děr pro přišroubování spodní lafety; (b) detail již provedeného šroubového spoje. ....	27
Obr. 4-3	Spodní lafeta; (a) celkový pohled na spodní lafetu; (b) detail řezu odměrovou kluzavkou zapadající do odměrových kluzátek vrchní lafety. ....	28
Obr. 4-4	Vrchní lafeta; (a) celkový pohled na sestavu; (b) detail kladky a vedení náměrových zubatek. ....	29
Obr. 4-5	Zajištění odměru; (a) detail na umístění kluzátek; (b) zajišťovací páka. ....	29
Obr. 4-6	Kolébka lafety.....	30
Obr. 4-7	Zajištění náměru; (a) zadní pohled na sestavu; (b) přední pohled. ....	31
Obr. 4-8	Mapa s pomocným zaměřovačem.....	32
Obr. 4-9	Systém vyvážení lafety.....	32
Obr. 4-10	Skenování kulometu; (a) kalibrace přístroje; (b) průběh skenování.....	34
Obr. 4-11	Vytváření CAD modelu kulometu; (a) polygonální síť po skenování; (b) rekonstrukce tvarů polygonální sítě pomocí těles. ....	34
Obr. 4-12	Ukázka dřívější výroby lafety touto technologií. Je patrné spojení plechových výpalků do větších dílů. Fotografie je z průběhu výroby lafety M pro dvojče těžkých kulometů vz. 37. [11] .....	35
Obr. 5-1	Celkový pohled na model Královopolské lafety. ....	36
Obr. 5-2	Model původní lafety v krajní poloze – kontrola kolizí. ....	37



Obr. 5-3	Detail dochované fotografie lafety – zkosené rohy vodorovných úhelníků stolu. [6].....	38
Obr. 5-4	CAD model těžkého kulometu vz. 24. ....	38
Obr. 5-5	Kulomet vsazený v lafetě; (a) pohled z pravé strany na oba upínací prvky; (b) detail upnutí obrtlíku.....	39
Obr. 5-6	Upnutí kulometu do lafety a proběhlá kontrola kolizí modelu kulometu s lafetou. ....	39
Obr. 5-7	Kontrola kolizí po upravení upínacích prvků. ....	40
Obr. 5-8	Svařenec trupu vrchní lafety. Původní díl vlevo, upravený díl vpravo na obrázku. ....	41
Obr. 5-9	Vedení náměrových zubatek složené z plechů různých tloušťek. Původní díl vlevo, upravený díl vpravo na obrázku. ....	41
Obr. 5-10	Náměrová zubatka. Původní díl nahoře, upravený díl dole na obrázku. ....	42
Obr. 5-11	Schéma výkresové dokumentace rozkreslené do druhé úrovně podsestav. .	43
Obr. 0-1	Mapa vybetonovaných linií opevnění k 30. září 1938. [13] .....	II
Obr. 0-2	Pěchotní srub K-S 14 „U cihelny“ po okupaci v roce 1938. [12].....	IV
Obr. 0-3	Dělostřelecký srub N-S 75 „Zelený“ [14].....	V
Obr. 0-4	Na dobové pohlednici zachycený objekt vz. 36 typ C. [1].....	VI
Obr. 0-5	Střílnový otvor s dřevěným střeleckým stolem v objektu vz. 36. [1].....	VII
Obr. 0-6	Typický pohled na linii objektů vz. 37 v jednom sledu. [1] .....	VIII

## 10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Historie Československého pohraničního opevnění (8 stran).
Příloha 2	Model sestavy Královopolské lafety z aplikace Autodesk Inventor 2019 ve formátu STEP.
Příloha 3	Výkres sestavy Královopolské lafety (00_KR_LAF) ve formátu PDF.
Příloha 4	Výkres sestavy Stolu (1.00.00) ve formátu PDF.
Příloha 5	Výkres sestavy Spodní lafety (2.00.00) ve formátu PDF.
Příloha 6	Výkres sestavy Vrchní lafety (3.00.00) ve formátu PDF.
Příloha 7	Výkres sestavy Kolébky (4.00.00) ve formátu PDF.
Příloha 8	Výkres sestavy Ukazovátka (5.00.00) ve formátu PDF.
Příloha 9	Výkres sestavy Protizávaží (6.00.00) ve formátu PDF.
Příloha 10	Výkresová dokumentace repliky Královopolské lafety ve formátu DWG.

## Historie Československého pohraničního opevnění

Tato příloha obsahuje krátký náhled od historie Československého pohraničního opevnění a jeho dělení. Jde o úryvky z knihy nebo článku, vždy jsou ocitovány na konci odstavce.

### Československé pohraniční opevnění

Výstavba opevnění v ČSR v meziválečném období byla reakcí na nepříznivou mezinárodní politickou situaci, kterou vyvolával především bouřlivý vývoj událostí v Německu. To se totiž za přihlížení celého světa nejen připravovalo na válku, ale později ji také za tichého souhlasu evropských mocností rozpoutalo. Je třeba připomenout, že výstavba opevnění nebyla tehdy zase až takovou zvláštností. Vznik opevnění u nás jen navazoval na podobnou činnost snad všech evropských států. Výstavba opevnění byla „módní“ záležitostí a těšila se všeobecné důvěře. I takové státy jako Německo a Sovětský svaz budovaly kromě motorizovaných armád, schopných aktivního útočného boje, mohutné linie opevnění. [1]

### Důvody a vznik opevnění

Z hlediska obranyschopnosti nebyla Československá republika po svém vzniku v roce 1918 v právě příznivé situaci. Především protáhlý tvar našeho území a velmi dlouhé hranice s potencionálními nepřáteli značně snižovaly vyhlídky na vedení dlouhodobé a úspěšné obrany. Pro efektivní obranu takového území by bylo nutné vybudovat velice početnou armádu. To však bylo vzhledem k tehdejším materiálním i lidským zdrojům zcela nemožné. [11]

Jednou z možností, jak tuto nevýhodu částečně eliminovat, byla výstavba stálého opevnění. Historie vzniku myšlenky na vybudování pevnostního systému na území Československé republiky sahá do první poloviny 30. let minulého století. Důvodů, díky kterým byla koncepce opevnění nakonec prosazena, bylo více. Jedním z hlavních argumentů ale byla skutečnost, že náš největší vojenský spojenec Francie budoval od roku 1929 velmi mohutný fortifikační systém na hranicích s Německem a Itálií. Hlavním úkolem pevnostní linie bylo zastavení prvního překvapivého útoku nepřítele, stabilizování obrany a umožnění mobilizace záloh. [11]

## Možnosti armády

Dříve často opakované tvrzení, že rozhodnutí vybudovat stálé opevnění, mělo za následek zanedbávání naší armády v ostatních vojenských oblastech, je mylné. Díky archivním materiálům publikovaným v posledních letech je zřejmé, že opevnění nedostalo přednost před tanky a letadly a nebylo budováno na jejich úkor. Byla to jen jedna z možností, jak posílit obranu Československa. Díky velmi vyspělému zbrojnímu průmyslu byla naše armáda vybavována velice moderními pěchotními zbraněmi, děly, obrněnými vozidly i letadly. [11]

## Výstavba opevnění

Teprve 20.3.1935 došlo v Československu ke vzniku centralizovaných orgánů určených pro realizaci opevnění. Jednalo se o Radu pro opevňování a Ředitelství opevňovacích prací (ŘOP). Vzhledem k přítomnosti francouzských poradců byla i nadále zaručena analogie s francouzským pevnostním systémem. Nejprve začala výstavba těžkého opevnění plánovaného pro přehrazení nejdůležitějších útočných směrů. Bylo tvořeno samostatnými pěchotními sruby a dělostřeleckými tvrzemi, spolu s nezbytným překážkovým systémem a infrastrukturou (kasárna, telefonní spojení, cesty, zkušební a cvičné objekty). [12]



Obr. 0-1 Mapa vybetonovaných linií opevnění k 30. září 1938. [13]

## Hlavní dělení objektů

Páteří československého obranného systému byla linie opevnění složená jak z těžkého, tak i lehkého opevnění. U opevnění těžkého převládala technická dokonalost konstrukce železobetonových objektů za použití nejlepších zbraní. U opevnění lehkého hrála hlavní roli především kvantita. Univerzálnost použití v kterémkoliv terénu dovolovala opevnit dostatečným počtem objektů jakýkoliv terénní profil krajiny a zajistit tak potřebné postřelování daného prostoru lehkými a těžkými kulomety. Za pomoci nekonečných pásů protitankových a protipěchotních překážek se mělo stát naše opevnění pevnou hrází proti nepřátelské agresi. Systém bočních paleb umožňoval bezpečnost hranice a nepřerušeni celistvosti palebné přehrady i při vyrazení několika sousedních objektů. [1]

Objekty se tedy dělily takto:

- Těžké opevnění
  - Pěchotní sruby
  - Dělostřelecké tvrže
- Lehké opevnění

## Těžké opevnění

Těžké opevnění se skládalo ze samostatných srubů a dělostřeleckých tvrzí. V porovnání s lehkým opevněním se jednalo o mnohem odolnější a silněji vyzbrojené stavby. Objekty disponovaly protitankovými kanóny, minomety a pancéřovými zvony, tvrže také dělostřelectvem. Objekty byly obsazeny stálou osádkou a měly veškeré týlové zabezpečení. Těžké objekty se budovaly v šesti stupních odolnosti, přičemž nejodolnější z nich měly vydržet přímý zásah 35cm dělostřeleckým granátem. Všechny tyto pozitivní rysy však byly vykoupěny značně vysokými pořizovacími náklady a také jejich stavba trvala mnohem déle než v případě lehkých objektů. Přesto se podařilo postavit 263 objektů těžkého opevnění (z toho bylo 35 objektů součástí dělostřeleckých tvrzí). [11]

## Pěchotní sruby

Z konstrukčního hlediska se jednalo zpravidla o dvoupatrové železobetonové monolitické stavby, které se lišily odolností, tj. tloušťkou stěn a stropů, složením výzbroje a počtem pancéřových prvků a členů posádky. Vzhledem k maximálnímu přizpůsobení terénu se jednotlivé pěchotní sruby odlišovaly i tvarem a samozřejmě sevřením úhlů střelen, které oproti budoucí typizaci lehkého opevnění bylo naprosto individuální. Pro vytvoření typologie můžeme najít i další hlediska, například podle stavebního řešení a palebných úkolů je můžeme rozdělit na jednopatrové a dvoupatrové, popřípadě na jednostranné a oboustranné. Pro urychlení výstavby na jižní Moravě byly opakovaně použity projekty objektů ze severní hranice. U standartního oboustranného pěchotního srubu tvořila výzbroj obou střeleckých místností tzv. smíšená dvojčata neboli zbraně L1, která vznikla spřažením 4cm kanonu vz. 36 s těžkými kulomety vz. 37 ráže 7,92 mm na společné lafetě. [12]



Obr. 0-2 Pěchotní srub K-S 14 „U cihelny“ po okupaci v roce 1938. [12]

## Dělostřelecké tvrze

Nejodolnější těžké opevnění představovaly tzv. dělostřelecké tvrze, které je nutno chápat jako soustavu pěchotních a dělostřeleckých srubů, dělostřeleckých a minometných věží, vchodových objektů a pozorovaten, vybudovaných v nejvyšším stupni odolnosti, vzájemně spojených podzemními komunikacemi a obklopených souvislou překážkou. Díly pevnostním houfnicím a minometům měly vytvářet odolné opěrné body na takticky důležitých místech. Podzemní prostory obsahovaly vše potřebné pro dlouhodobý obranný boj osádky tvrze. Výzbroj dělostřeleckých srubů a dělostřeleckých věží měly původně tvořit buď 8cm kanony, anebo 10cm houfnice. V roce 1938 ŘOP zastavilo vývoj neúspěšného kanonu a do výzbroje zavedlo pouze pevnostní houfnice vz. 38. Výroba první série 15 zbraní se však teprve rozbíhala, a tak v září 1938 dělostřeleckou výzbroj některých tvrží improvizovaně vytvářely 7,5cm horské kanony vz. 15 umístěné před dělostřeleckým srubem. [12]



Obr. 0-3 Dělostřelecký srub N-S 75 „Zelený“ [14]

## Lehké opevnění

Lehké opevnění bylo tvořeno buď malými kulometnými objekty nižší odolnosti (označované jako objekty vzor 36) a nebo dokonalejšími kulometnými objekty (objekty vzor 37), obecně nazývanými „řopíky“. Objekty byly vyzbrojeny pouze kulomety a s jejich osazením se počítalo až v době ohrožení státu. Účinné obrany bylo možné dosáhnout jen v součinnosti s polními jednotkami. Na území bývalého Československa bylo do konce září 1938 postaveno téměř 10 000 objektů lehkého opevnění (z toho 864 objektů vz. 36 a více, než 9 100 objektů vz. 37). [11]

## Lehké opevnění vz.36

Jednalo se o objekty jednoduché železobetonové konstrukce, které měly za úkol působit do předpolí čelní nebo kosou palbou svých zbraní. Počet střílen byl určován typem objektu. Pevnůstky typu A, B měly dvě a typu C tři čelní střílny. Síla jednotlivých železobetonových stěn byla taktéž volena podle typu objektu a pohybovala se od 20 cm do 60–65 cm. Značnou výhodou byly malé rozměry pevnůstky, které umožňovaly usadit objekt kdekoli v terénu a dobře jej maskovat (objekt vyčníval necelé 2 metry). [1]



Obr. 0-4 Na dobové pohlednici zachycený objekt vz. 36 typ C. [1]

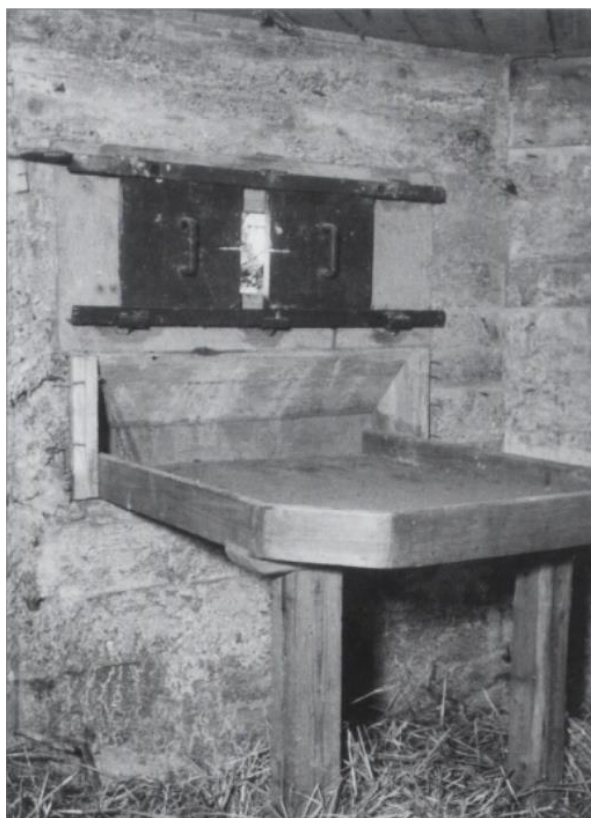
Vzhledem k tloušťkám stěn se předpokládala u objektů vz. 36 odolnost proti dělostřeleckým projektilům ráže 75 mm a minometným střelám do ráže 81 mm. Nesměly být však zasaženy přímo střílny nebo vstupy. Kvalita provedených stavebních prací měla být zkoušena odpálením ekrazitové nálože na objektu, avšak praktické použití tohoto ustanovení nebylo asi dost dobře možné. [1]

Objekt vz. 36 má pouze jednu střeleckou místnost, do které se vstupuje z týlové, od nepřátel odvrácené strany. Ve stěně protilehlé vstupu se nachází jedna až tři střílny, s ozuby tvarovanými přímo v betonu. Střílny jsou uvnitř uzavíratelné ocelovou, 30 mm silnou deskou, horizontálně (výjimečně vertikálně) posuvnou v ocelovém rámu zabetonovaném do zdi v prostoru střílnového otvoru. Při uzavřených střílnách zůstávala v uzávěrech vodorovná úzká štěrbinu určená k chráněnému pozorování předpolí. Vstup do objektu uzavírala jednokřídlá nebo dvoukřídlá plechová dvířka otočná v závěsech nebo posuvná v kolejničkách. [1]



Vnitřní výbava objektů byla velmi jednoduchá – zprvu se jednalo převážně jen o dřevěné stolky pod střílnami (Obr. 1-5) pro umístění lehkých kulometů vz. 26 a těžkých kulometů vz. 24., ale již při zkouškách se zjistilo, že při střelbě ze stolů může docházet k nežádoucím vibracím zbraně a tím ke zmenšení přesnosti střelby. Právě z tohoto důvodu hledalo ŘOP možnosti na vylepšení střeleckých možností z objektů a zadalo brněnské Královopolské strojírně požadavek na sestrojení speciální lafety. Její vývoj trval až do roku 1938 a zavedení do výzbroje zřejmě urychlil až anšlus Rakouska v březnu 1938. [1]

O tom, že se alespoň některé lafety podařilo do října 1938 nainstalovat svědčí dodnes zabetonované kotevní šrouby pod střílnami některých bunkrů v okolí Nové Bystřice. [12]



Obr. 0-5 Střílnový otvor s dřevěným střeleckým stolem v objektu vz. 36. [1]

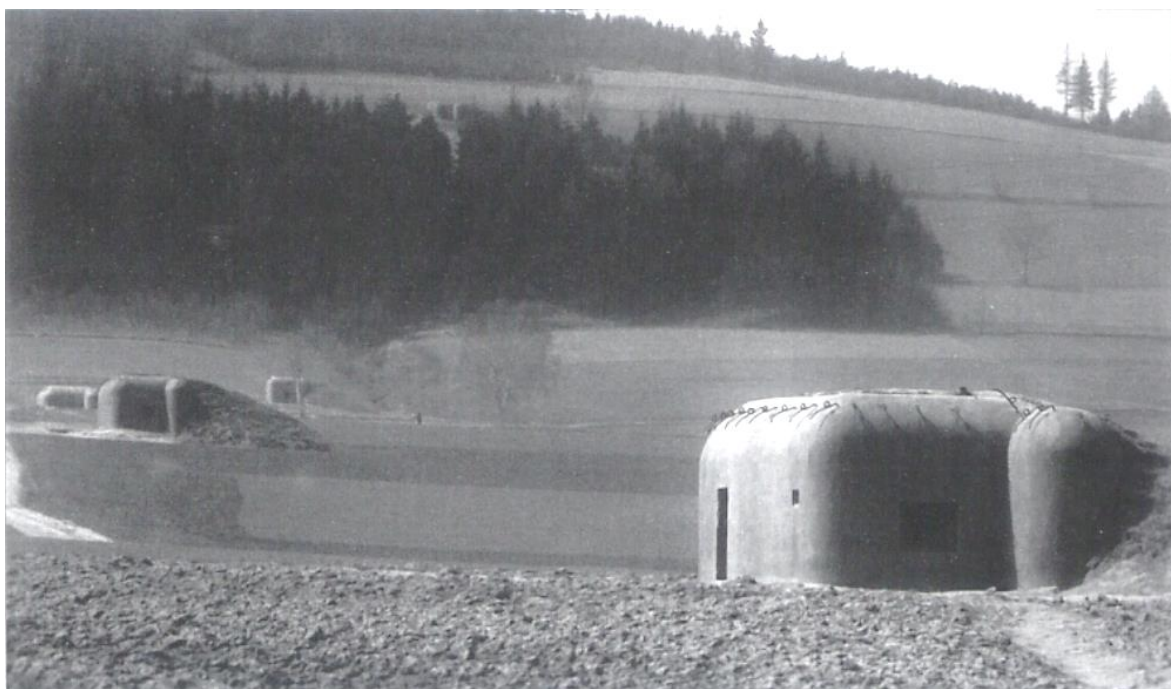
Vzhledem k vedení čelních a kosých paleb byly objekty LO vz. 36 stavěny tam, kde by měly jejich osádky dobrý výhled do krajiny (například na kopcích, terénních vyvýšeninách apod.). To jim sice umožňovalo využít maximálního účinného dostřelu svých zbraní, ale zároveň se tím zvyšovalo riziko jejich nalezení a zničení nepřítelem dříve, než budou moci účinně zasáhnout do boje. Všechny tyto nedostatky se ŘOP snažilo odstranit novou typovou řadou objektů, vyprojektovanou na přelomu let 1936-1937 a označenou lehké opevnění vz. 37. Nové objekty byly slangově nazývány jako „řopíky“, podle zkratky ŘOP. [15]

## Lehké opevnění vz. 37

Řopíky jsou nevelké pevnůstky určené pro vedení převážně bočních kulometných paleb. Kulomety byly pomocí lafet zajišťujících přesnou střelbu v odměru 60° uchyceny v poměrně masivních ocelolitinových střílnách s minimálním otvorem, jenž bylo možno v případě potřeby zcela nebo částečně uzavřít silnými víky. Boční střílny jsou před pozorováním a palbou z předpolí chráněny zaobleným prodloužením čelní stěny - tzv. uchem. Celá čelní stěna je pak opatřena kamennou rovinaninou a hliněným záhozem, než objekt maskují a zvyšují jeho odolnost. Vchod je zalomený a uzavřený mřížovými a silnostěnnými plnými dveřmi, prostor před vchodem bylo možné bránit z vchodové střílny a pomocí granátového skluzu ústícího v týlové stěně. [12]

Převažujícími bočními palbami vzájemně se kryjící pevnůstky totiž souvislé opevněné pásmo, podle důležitosti bráněného prostoru sestávající z jednoho nebo více sledů. Nejběžnější byla linie o dvou sledech, v méně ohrožených místech byl použit sled pouze jeden, v exponovaných prostorech počet sledů narůstal až na čtyři, výjimečně i více. [12]

Bylo zásadním požadavkem, aby každý objekt působil vlastní palbou před a částečně i za oba své sousední objekty, takže každé kulometné stanoviště téhož sledu bylo – kromě ochrany palbou sledu posilového a zadržovacího – většinou chráněno palbami sousedních objektů. [1]



Obr. 0-6 Typický pohled na linii objektů vz. 37 v jednom sledu. [1]